

16005-
of 22
28

東京帝國大學紀要

理 科

第 貳 拾 八 冊

THE
JOURNAL

OF THE

COLLEGE OF SCIENCE,
IMPERIAL UNIVERSITY OF TŌKYŌ,
JAPAN.

VOL. XXVIII.

東京帝國大學印行

PUBLISHED BY THE UNIVERSITY.

TŌKYŌ, JAPAN.

1910-1911.

MEIJI XLIII-XLIV.

218811

Publishing Committee.



Prof. **J. Sakurai**, *LL. D.*, *Rigakuhakushi*, Director of the College, (*ex officio*).

Prof. **I. Ijima**, *Ph. D.*, *Rigakuhakushi*.

Prof. **F. Ōmori**, *Rigakuhakushi*.

Prof. **S. Watasé**, *Ph. D.*, *Rigakuhakushi*.

CONTENTS.

- Art 1.**—**Botanische Studien aus den Tropen.** (*Hierzu 3 Tafeln*). By
M. MIYOSHI.—Publ. June 13th, 1910.
- Art 2.**—**The Change of Cobaltous into Cobaltic Nitrite.** By T. SUZUKI.
—Publ. July 12th, 1910.
- Art 3.**—**The Action of the Grignard Reagent on Camphoric and Iso-
camphoric Esters.** By Y. SHIBATA.—Publ. July 15th, 1910.
- Art 4.**—**Lebensgeschichte der Stengel-Bulbillen einiger Angiospermen.**
(*Mit 3 Tafeln*). By H. NAKANO.—Publ. November 13th, 1910.
- Art 5.**—**Seiches in Some Lakes of Japan.** (*With 18 plates*). By S.
NAKAMURA and K. Honda.—Publ. 28th, 1911.
- Art 6.**—**Etudes Anthropologiques. Les Aborigènes de Formose.** By R.
TORII.—Publ. December 23rd, 1910.
- Art 7.**—**Results of the Harmonic Analysis of Tidal Observations made
at Various Ports of Japan.** (*With 28 plates*). By S. HIRAYAMA.
—Publ. April 3rd, 1911.
-

1877-78

1. The first of the year was a very dry one, and the crops were much injured by the drought. The wheat was particularly affected, and the yield was very small. The corn was also much injured, and the yield was very small. The other crops were also much injured, and the yield was very small. The season was a very bad one for the farmers, and they were much distressed by the drought.

2. The second of the year was a very wet one, and the crops were much injured by the rain. The wheat was particularly affected, and the yield was very small. The corn was also much injured, and the yield was very small. The other crops were also much injured, and the yield was very small. The season was a very bad one for the farmers, and they were much distressed by the rain.

June 13th, 1910.

Vol. XXVIII., Art. 1.

東京帝國大學
理 科 大 學 紀 要

第 貳 拾 八 冊 第 壹 編

JOURNAL
OF THE
COLLEGE OF SCIENCE,
IMPERIAL UNIVERSITY OF TOKYO.

M. MIYOSHI:

Botanische Studien aus den Tropen.

TOKYO.

PUBLISHED BY THE UNIVERSITY.

MEIJI XLIII.



Publishing Committee.



Prof. **J. Sakurai**, *LL. D.*, *Rigakuhakushi*, Director of the College, (*ex officio*).

Prof. **I. Ijima**, *Ph. D.*, *Rigakuhakushi*.

Prof. **F. Ōmori**, *Rigakuhakushi*.

Prof. **S. Watase**, *Ph. D.*, *Rigakuhakushi*.



All communication relating to this Journal should be addressed to the
Director of the College of Science.

Berichtigung.

Seite 39. Tabelle.

II. Kolumne, Zeile 5 von oben, lies grün statt rot.

III. Kolumne, Zeile 5 von oben, lies rot statt grün.

Botanische Studien aus den Tropen

von

M. Miyoshi, *Rigakuhakushi*.

Professor der Botanik an der Kaiserlichen Universität in Tokyo.

Hierzu Tafel I-III.

I.

Studien über tropische Laubblätter.

Wenn man in den Tropen reist, sieht man überall auf den Strassen und in den Gärten stattliche Palmen, Riesenlianen und grelle Blüten, die im bunten Gemisch zum Vorschein kommen; doch ist es vor allem die üppige Blattentwicklung, welche der tropischen Landschaft ein so eigenartiges Aussehen verleiht.

Einen derartigen Eindruck habe ich schon auf meiner ersten Reise nach Java im Jahre 1895 empfangen; leider konnte ich damals aus Mangel an Zeit jener auffallenden Erscheinung nicht genug Aufmerksamkeit schenken.

Auf einer in 1907 unternommenen Reise nach Ostindien und Java habe ich mich deshalb hauptsächlich den Studien tropischer Laubblätter gewidmet und besonders im Botanischen Garten zu Buitenzorg diesbezügliche Versuche und Beobachtungen gemacht, deren Resultate ich in diesem Artikel mitteilen möchte.¹⁾

1) Mein in japanischer Sprache verfasster Reisebericht, „Die Pflanzenwelt indomalaischer Tropenländer: eine botanische Reiseschilderung“ ist bereits in Tokyo in 1908 erschienen.

Bevor ich auf mein Thema eingehe, gestatte ich mir der Kaiserlichen Universität in Tokyo für Bewilligung der Reisestipendien, die mich in Stand setzten, meine Tropenreise zu unternehmen, meinen ergebensten Dank auszusprechen.

HERRN PROFESSOR DR. M. TREUB, dem damaligen Direktor des Departement van Landbouw te Buitenzorg fühle ich mich ferner zum aufrichtigen Dank verpflichtet für die Erlaubnis, dass ich im Laboratorium der landwirtschaftlichen Abteilung arbeiten dürfte und gleichfalls für sein liebenswürdiges Entgegenkommen während meines ganzen Aufenthaltes daselbst.

Auch danke ich an dieser Stelle HERRN HORTULANUS H. J. WIGMAN und HERRN DR. CH. BERNARD für die gütige Beschaffung des benötigten Untersuchungsmaterials.

Der Zweck vorliegender Studien ist vor allem zu ermitteln, auf welche Art und Weise die Laubblätter tropischer Bäume und Sträucher den klimatischen Einflüssen angepasst sind, und welche biologische Bedeutung ihrem eigenartigen Bau zukommt.

Im Folgenden will ich nun die tropischen Laubblätter in Bezug auf Form, Grösse und Zahl, Konsistenz, Rand, Glanz, Lage, Laubperiodizität und Benetzbarkeit betrachten.¹⁾

I. FORM.

Ebenso wie in den gemässigten Zonen, so weicht auch in den Tropen die Blattform von einander ab; doch sind die tropischen Baublätter mit Ausnahme der Fiederblätter der Leguminosen und anderer, sowie der grossen, geteilten Blätter der Palmen, der langen, schmalen Blätter der Pandaneen, der Nadelblätter der Casuarineen u.a. weitaus gleichförmiger als die der temperierten

1) Ueber die Eigenschaften tropischer Blätter siehe die interessante Schilderung von HABERLANDT in seinem Werke „Eine botanische Tropenreise.“ 1893. p. 104. folg.

Länder und haben im Allgemeinen eine ovale oder elliptische Gestalt. Dagegen sind handförmige und vieleckige Blätter wie z. B. die unserer *Acer*-, *Fatsia*-, *Acanthopanax*-Arten nur durch wenige Arten vertreten.

Diese auffallende Gleichförmigkeit der Baumblätter ist der Hauptgrund, weshalb die gesamte Laubkrone eines tropischen Bergwaldes trotz seines grossen Artenreichtums manchmal so homogen aussieht, als ob er nur aus einer geringen Anzahl Baumarten besteht. Diesen Eindruck habe ich besonders in den javanischen Urwäldern bekommen, im Vergleich zu denen die Bergwälder von Zentral- und Nordjapan in dieser Beziehung ein weit bunteres Aussehen haben.

II. RAND.

Das auffälligste Merkmal tropischer Laubblätter ist ihre Ganzrändigkeit. Fast alle Bäume, die man längs der Wege oder in den Wäldern sieht, haben einen ebenen und glatten Blattrand; man muss eine grosse Anzahl Bäume vergebens durchsuchen, bis man endlich auf einen mit unebenen Blatträndern stösst. Die gezackten, gezähnten, gekerbten, tiefgeteilten Blätter, die den Hölzern unserer Flora gemein sind, kommen bei tropischen Bäumen äusserst selten vor.

Dass dies in der Tat der Fall ist, lässt sich durch zahlreiche Florenwerke tropischer Länder nachweisen. Durchmustert man ein solches Werk, so steht in den Diagnosen von Bäumen fast überall *foliis integerrimis*, dagegen sind *foliis serrulatis*, *crenatis*, *dentatis*, *laceratis*, u.s.w. nur ausnahmsweise zu finden.

Um das Verhältnis der Ganzrändigkeit zur Unebenrändigkeit einigermaßen zu ermitteln habe ich in Singapore, sowie auf Ceylon

und Java eine ziemlich grosse Anzahl wild wachsender und kultivierter Bäume untersucht und fand unter 321 Arten nur 12, deren Blätter gezähnt oder anderweitig unebenrandig waren, also weniger als 4 im Hundert. Dies Zahlenverhältnis macht aber keinen Anspruch auf Genauigkeit, da die Beobachtung ganz willkürlich ohne Rücksicht auf Familien und Gattungen gemacht worden ist. Trotzdem beweist es unbestritten, dass in tropischen Gegenden ebenrandige Laubblätter ganz allgemein sind.

Unter den tiefgeteilten Blättern ist das von *Artocarpus incisa* (Taf. I, Fig. I) am auffallendsten; bei ihm teilt sich die Lamina an beiden Rändern in 4 oder 5 Stücke, die fast halb his zum Mittelnerven reichen. Die Teilstücke sowie alle übrigen Teile der Lamina sind sonst ganzrandig. Das Blatt von *Dipterocarpus trinervius*, var. *elegans* (Fig. 2) ist nur sinuös, dasjenige von *Wormia* (Fig. 4) leicht gezähnt, während die der *Bischofia javanica*, (Fig. 3), *Melia Azadiracta*, *Gordonia excelsa* und anderer deutlich gezackt sind.

Schon lange vor meiner zweiten Tropenreise war ich zur Überzeugung gekommen, dass bei unserer einheimischen Flora die Zahl der Bäume, die ganzrandige Blätter haben, nach dem Süden hin zunimmt. So zeichnet sich z.B. die Flora von Kiushū und anderer Teile Südjapans durch das Vorkommen derartiger Bäume (meistens immergrüner) aus, während in Zentral- und Nordjapan Baumsorten mit unebenen Rändern in der Mehrzahl sind.

Um das Verhältnis zu finden konsultierte ich einige illustrierte, Florenwerke über japanische Bäume, weil in denselben die Aufzählung ganzrandiger und gezackter oder geteilter Blätter jederzeit und bequem gemacht werden kann.

In KAWAKAMI'S Baumflora vom Hokkaido¹⁾ sind 65 Arten

1) Sapporo, 1902.

beschrieben, von denen 56 zu den Laubbäumen gehören, die übrigen 9 sind Nadelhölzer. Von den Laubbäumen haben 50 unebenrandige und 6 ganzrandige Blätter; das Verhältnis der unebenrandigen zu den ganzrandigen Blättern ist also wie 100: 12. Hieraus ersieht man, dass in den kalten Teilen Japans wie z.B. im Hokkaido,¹⁾ die Bäume vorwiegend unebenrandige Blätter haben.

In Shirasawa's Atlas der Forstbäume Japans²⁾ sind 280 Bäume und grössere Sträucher abgebildet, von denen sich 192 durch unebenrandige und 88 durch ganzrandige Blätter kennzeichnen. Die ersteren kommen meistens in den kälteren, die letzteren in den wärmeren Provinzen Japans vor. Die folgende Tabelle, welche auf Shirasawa's Werk basiert ist, illustriert das ungefähre Zahlenverhältnis beider Blattarten in Bezug auf ihre klimatische Verbreitung sehr deutlich:

Bäume und grössere Sträucher

Blätter	unebenrandig		ganzrandig	
	kältere	wärmere	kältere	wärmere
Arten	163	29	22	66

Interessant ist nun zu wissen, dass von einundderselben Gattung die nördlichen Bewohner fast immer unebenrandige Blätter haben, während bei ihren südlichen Repräsentanten die Ganzrändigkeit der Blätter vorherrscht, wie aus folgenden Beispielen ersichtlich ist. Die *Salix*-Arten sind bekanntlich in kälteren

1) Z.B. in Sapporo ist die durchschnittliche Minimaltemperatur im Januar $-11,7^{\circ}\text{C}$, und die durchschnittliche Maximaltemperatur im August $25,9^{\circ}\text{C}$. (Kalender von 1910).

2) Teil I (1899), Teil II (1910).

Regionen einheimisch; aber von den zahlreichen japanischen Arten¹⁾ hat nur *S. repens*, L. var. *subopposita*, (MIQ.) v. LEEM., die in Kiushū (SüdJapan) vorkommt, ganzrandige Blätter, während alle übrigen, die hauptsächlich in Nord- und ZentralJapan verbreitet sind, gezähnt oder sinuöse Blätter haben.²⁾

Von der Gattung *Ilex* sind die Arten *geniculata*, MAXIM., *macropoda*, MIQ., *rugosa*, FR. SCHM., *Sieboldi*, MIQ., *crenata*, THUNB., *micrococca*, MAXIM., die in Nord- und ZentralJapan anzutreffen sind, mit unebenrandigen Blättern versehen, dagegen haben die südlichen Arten wie *pedunculosa*, MIQ., *Hanceana*, MAXIM., *rotunda*, THUNB., *integra*, THUNB. ganzrandige Blätter; nur *latifolia*, THUNB. und *Oldhami*, MIQ., die in SüdJapan vorkommen, zeichnen sich ausnahmsweise durch deutlich gezähnte Blätter aus. Unter den *Quercus*-Arten haben alle in kälteren Gegenden wachsenden Spezies wie *glandulifera*, BL., *serrata*, THUNB., *grosseserrata*, BL., *dentata*, THUNB. u.a. gezackte oder gekerbte Blätter; während von den südlicheren Arten sind die Blätter von *acuta*, THUNB., *thalassica*, HANCE, *glabra*, THUNB. (= *Passania glabra*, OERST.), *cuspidata*, THUNB. (= *P. cuspidata*, OERST.) alle ganzrandig, die von *sessifolia*, BL., *Vibrayeana*, FR. ET SAV., *Phyllireoides*, A. GRAY, *myrsinaefolia*, BL. zum Teil (gewöhnlich der obere Teil) mehr oder weniger gezackt und nur die von *gilva*, BL. deutlich gezähnt.

Noch auffälliger ist es bei der Gattung *Viburnum*; denn von dieser haben alle in den kälteren Gegenden Japans einheimische Arten wie *V. Sieboldi*, MIQ., *tomentosum*, THUNB., *dilatatum*, THUNB.,

1) In O. VON SEESEN'S *Salices japonicae* (1903) sind 33 Arten angegeben.

2) Eine in Sachalin einheimische Art, *Salix sachalinensis*, FR. SCHM., hat nach der Diagnose von SCHMIDT ganzrandige Blätter. Die jungen Blätter, die ich untersuchte, waren ganzrandig; es muss aber dahingestellt bleiben, ob die Blätter im völlig ausgewachsenen Stadium auch ganzrandig sind. Nach meinen Beobachtungen sind bei manchen *Salix*-Arten die jungen Blätter ganzrandig, während die alten deutlich gezähnt oder sinuös sind.

Opulus, L., *phlebotrichum*, SIEB. ET ZUCC., *furcatum*, BL. gezähnte oder gezackte Blätter; aber unter den Repräsentanten wärmerer Teile sind die Blätter von *V. odoratissimum*, KER. ganzrandig, während die von *P. japonicum*, SPR. gezackt sind.

Weitere Beispiele aus der einheimischen Flora sind kaum nötig; nur möchte ich hier an die den tropischen und subtropischen Zonen der Erde charakteristische, sehr artenreiche Gattung *Ficus* denken. Ich habe die Abbildungen der *Ficus*-Arten in der vortrefflichen Monographie von KING¹⁾ durchgesehen und fand unter 207 Arten ungefähr 38 Arten mit gezackten Blättern, alle übrigen hatten ganzrandigen Blätter.

Ein näheres Studium von anderen Floren wird zu ganz demselben Resultate führen, woraus man schliessen kann, dass zwischen Klima und Blattrand irgend eine Beziehung existieren muss.

Dass die Ganzrändigkeit nicht immer ein systematisches Merkmal bildet, beweist schon die Tatsache, dass es Arten von einundderselben Familie oder Gattung gibt, von denen die einen ganzrandige, die andern unebenrandige Blätter haben.

HABERLANDT,²⁾ der auch diese Beobachtung auf seiner Tropenreise gemacht hat, erwähnt das öftere Vorherrschen ganzrandiger Blätter bei tropischen Bäumen als bei europäischen. Die Ganzrändigkeit der Blätter hat nach ihm den mechanischen Vorteil,³⁾ dass sie gegen äussere Einflüsse wie heftige Gewitterregen besser

1) KING, G. The Species of *Ficus* of the Indo-Malayan and Chinese Countries. Part I-II. (Annales of the Royal Botanic Garden, Calcutta. Vol I. 1887-1888). Hierüber vergl. auch KING, G. The species of *Artocarpus* indigenous to British India. (Ann. Roy. Bot. Gard. Calc. Vol. II. 1889) und The *Anonaceae* of British India. (Ann. Roy. Bot. Gard. Calc. Vol. II. 1889). Die hier beschriebenen Arten zeichnen sich durch ganzrandige Blätter aus.

2) HABERLANDT, l.c. p. 107.

3) Ueber die Bedeutung des Blattrandes in Bezug auf den mechanischen Schutz sowie auf die physiologische Funktion (Wasserspeicherung) siehe HINZ, R. Ueber den mechanischen Bau des Blattrandes mit Berücksichtigung einiger Anpassungen zur Verminderung der lokalen Verdunstung. (Nova Acta Acad. Leop.-Carol. Nat. Curios. t. LIV. No. 2. 1889).

geschützt sind als die am Rande gezackten oder geschnittenen.¹⁾ Ein derartiger Vorteil ist zweifelsohne vorhanden, aber er ist nur die Folge und nicht die Ursache der Ganzrändigkeit.²⁾

Auf Grund unserer bisherigen Kenntnisse ist eine kausale Erklärung der Erscheinung nicht möglich, da es an genügenden experimentellen Daten fehlt.³⁾ Nach meiner eigenen Anschauung dürfte die Ganzrändigkeit tropischer Laubblätter nichts anders sein als eine Folge der durch günstige klimatische Verhältnisse erzielten vollkommeneren Blattausbildung.

III. GRÖSSE UND ZAHL.

Tropische Laubblätter zeichnen sich durch ihre Grösse aus. Ganz abgesehen von den Riesenblättern der Palmen, Bananen u. a. übertrifft die Blattgrösse gewöhnlicher tropischer Bäume durchschnittlich die unserer Baumarten.

Einer der bekanntesten grossblättrigen tropischen Bäume ist der Teakbaum, *Tectona grandis*, dessen Blatt auf einem jungen Stamme eine Dimension von 90 cm in der Länge und 55 cm in der Breite erreichen kann, (bei älteren Stamm sind die Blätter viel kleiner). Wenn ein Baum mit derartig grossen Blättern in

1) Ueber die experimentelle Beweise der Wirkung des Regens auf Pflanzenorgane siehe WIESNER, J. Untersuchungen über die mechanische Wirkung des Regens auf die Pflanze. (Ann. d. Jard. Botan. d. Buitenzorg. Vol. XIV. 1897. p. 277) und auch die dort zitierte Literatur.

2) In Gegenden wie Süd-japan (besonders Shikoku, Kiushū, Loochoo und Formosa), Hongkong oder dem Bengalgebiet in Ostindien, wo die einheimischen Gewächse einer weit grösseren Gefahr von klimatischen Einflüssen nämlich starken Monsunwinden und heftigen Stürmen ausgesetzt sind als in den malaisischen Ländern, sollte die Ganzrändigkeit der Laubblätter in noch ausgeprägter Weise auftreten. Doch ist dies nicht der Fall.

Ueber den mechanischen Schutz des Blattrandes siehe HABERLANDT, G. Physiologische Pflanzenanatomie. III. Aufl. 1904, p. 179. Ueber die mechanische Schädigung der Blätter siehe URSPRUNG, A., Die physikalischen Eigenschaften der Blätter. (Bibl. Bot. Heft 60. p. 48. 1903) und auch BERNBECK, O. Der Wind als pflanzenpathologischer Faktor. 1907.

3) Freilich hat JUNGNER (Wie wirkt träufelndes und fliessendes Wasser auf die Gestaltung des Blattes? Bibl. Bot. Heft 32. p. 35. 1895) versucht die Ganzrändigkeit experimentell hervorzurufen, er kam aber dabei meistens zu negativen Resultaten.

einem gemischten Walde steht, sieht er höchst auffällig aus, etwa wie unsere *Magnolia hypoleuca*, SIEB. ET ZUCC. inmitten anderer Laubhölzer. Das lang-elliptische Blatt von *Wormia pteropoda* (Fig. 4) ist auch sehr gross und hat eine Dimension von ungefähr $50 \text{ cm} \times 25 \text{ cm}$, während das eines jungen Stammes von *Dillenia pentagyna*, ROXB. eine riesige Länge von sogar $2 \text{ m}^{1)}$ zeigt.

Aenlich grosse Blätter wie diese sind aber bei tropischen Bäumen nicht häufig anzutreffen. So weit meine Messungen von zahlreichen Blattarten ergeben haben, beträgt die durchschnittliche Grösse eines elliptischen Blattes tropischer Laubbäume etwa 15 cm in der Länge und 9 cm in der Breite. Dagegen sind die entsprechenden Werte bei unseren Laubbäumen ungefähr 9 cm in der Länge und 5 cm in der Breite. Die mittlere Blattgrösse der Laubbäume beider Zonen weicht somit von einander ab.

Zeichnen sich die tropischen Laubbäume in ihrer bedeutenden Blattgrösse aus, so stehen sie in der Zahl der Blätter den Laubbäumen der gemässigten Ländern nach. Auch ist die Verästung in den Tropen durchschnittlich minder reichlich.²⁾ Vielleicht stehen die Grösse und Zahl der Blätter in Wechselbeziehungen und wird die verhältnismässig geringere Blattzahl tropischer Bäume durch eine bedeutende grössere Blattspreite ersetzt.

Dass tropische Blätter im Allgemeinen einen grossen Umfang haben, ist kein systematisches Merkmal, sondern muss den günstigen Aussenbedingungen zugeschrieben werden; denn dieselben Baumarten, welche in unseren Gewächshäusern kultiviert werden,

1) HABERLANDT (l.c. p. 110) gibt als Beispiel eines grosslaubigen Baumes, *Talauma gigantifolia*, MIQ. an, dessen Blätter eine Länge von $70\text{--}120 \text{ cm}$ und eine Breite von $20\text{--}30 \text{ cm}$ erreichen.

2) Vergl. DETMER, W. Botanische und landwirtschaftliche Studien auf Java. 1907. p. 83.

zeigen gewöhnlich eine unvollständige, oft sogar eine verkümmerte Entwicklung, und ihre Blätter erreichen selten eine solche Grösse wie die von Exemplaren in ihren natürlichen Standorten.

IV. KONSISTENZ UND BAU.

Hand in Hand mit der Grössenzunahme geht auch derbe, feste Konsistenz der tropischen Blätter.¹⁾ Man trifft ja fast überall in den Tropen dicke, oft lederartige und an der Oberfläche nur undeutlich geaderte Blätter von Bäumen, die zu verschiedenen Familien und Gattungen gehören.²⁾ Eklatante Beispiele sind die von *Ficus elastica*, *Garcinia Mangostana* (Fig. 6.), *Calophyllum Inophllyum*, *Palaquium Gutta*, *Isonandra*-Arten (Fig. 5), u. a. Anderseits fehlt es aber an verhältnismässig dünneren, geschmeidigen und deutlich geaderten Blättern nicht, die besonders bei grosslaubigen Baumarten wie *Tectona grandis*, *Wormia pteropoda*, *Barringtonia excelsa* deutlich hervortreten.

Ich habe eine grosse Anzahl tropischer Laubblätter mikroskopisch untersucht, um die Form der Epidermiszellen bei verschiedenen Exemplaren zu vergleichen. Obgleich ich dabei zu keinem bestimmten Resultat gelangt bin, habe ich mich doch an der Hand des von mir untersuchten Materials überzeugt, 1. dass viele dicke, harte Blätter kleine, rechtwinklige oder

1) Ueber den klimatischen Einfluss auf die Bauart tropischer Blätter vergl. man HOLTERMANN, E. Der Einfluss des Klimas auf dem Bau der Pflanzengewebe. 1907.

2) Die derbe Konsistenz der Blätter ist aber nicht auf Bäume beschränkt, sondern ist auch bei den Kräutern in den Tropen zu sehen. Ich habe mich überzeugt, dass *Panicum decompositum*, R. Br. und *Chrysopogon aciculatus*, TRIN. welche in Java resp. Ceylon oft einen schönen Rasen bilden, viel härtere Blätter haben als gewöhnliche Rasengräser wie *Lolium perenne*, *Festuca pratensis*, *Poa pratensis*, u. a. Auch ist das japanische gemeine Rasengras, *Zoysia pungens*, WILLD. („Shita“) für seine harten Blätter bekannt.

3) Ueber die saftigen Blätter tropischer Gewächse, die hauptsächlich am Meeresstrande zu treffen sind, gehe ich hier nicht ein.

polygonale Epidermiszellen haben (z.B. *Ficus elastica*, *Palaquium Gutta*, *Garcinia Mangostana*, *Buxus sempervirens*, *Diospyros discolor*, *Dryobalanops aromatica*); 2. dass eine geringere Anzahl dicker Blätter sinuöse Epidermiszellen besitzt (z.B. *Artocarpus integrifolia*, *Calophyllum Inophyllum*); 3. dass viele verhältnismässig dünne aber geschmeidige Blätter auch wellenförmige Epidermiszellen haben (z.B. *Bischofia javanica*, *Saraca declinata*, *Kigelia pinnata*, *Coffea arabica*, *Mangifera indica*); 4. dass eine Anzahl grosser Blätter (z.B. *Wormia pteropoda*, *Tectona grandis*) und auch lange hängende Blätter (z.B. *Brownea hybrida*, *Ancistocladus Vahli*) mit sinuösen Epidermiszellen versehen sind.

Eigentlich ist die Form der Epidermiszellen eines Blattorgans ein systematisches Merkmal, welches gewissermassen mit der Form, Lage, Grösse und Konsistenz des Blattes in Beziehung zu stehen scheint. So hat gerade das länglich schmale Blatt der Gramineen Epidermiszellen mit einer eigentümlich sinuöse lateralen Wandung, um mit den nebenständigen Wänden in festen Zusammenhang zu treten.¹⁾ Von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet sollten alle vorher erwähnten Fälle eine gewisse Zweckmässigkeit haben. Denn bei dicken, harten Blättern, die an und für sich schon eine grosse Festigkeit besitzen, ist eine besondere Form oder Anordnung der Epidermiszellen kaum nötig, sie sind daher meistens rechtwinklig oder polygonal. Bei dünneren, besonders grossen Blättern und auch bei langen, hängenden Blättern ist es hingegen viel vorteilhafter, dass die Epidermiszellen mit sinuösen Wänden ungleitbar gebunden sind, um so die durch die eigene Schwere ausgeübte Zugkraft auf die Lamina auszuhalten. Dass eine derartige Erklärung jedoch nicht in allen Fällen zutrifft sieht man schon bei *Amherstia nobilis*,

1) HABERLANDT, G. Physiologische Pflanzenanatomie. III. Aufl. 1904. p. 104.

die ebenso wie *Brownea hybrida* sich durch elegante Hängeblätter auszeichnet, die aber keine Epidermiszellen mit sinuösen, sondern mit polygonalen Wänden hat. Wir sind noch nicht in der Lage zu einer bestimmten Vorstellung über die Wechselbeziehung zwischen den Epidermiszellformen und den Eigenschaften der Blätter zu gelangen.

Die oben erwähnten dicken und harten Blätter zeichnen sich vor allem durch stark ausgebildete hornartige Kutikula aus und haben trotz der erheblichen Dicke ihres Mesophyllgewebes nur drei- oder vierschichtige Palissadenzellen, welche aber gross und langgestreckt sind. Bei diesen Blättern wird die Festigkeit in erster Linie durch die dicke, derbe Epidermiswand erzielt; ferner ist der feste Zusammenhang der Palissadenzellen von Bedeutung.

Bei den dünneren Blättern tritt die Kutikula weniger stark auf als bei den letztgenannten Blattarten, und bleibt das Palissadengewebe hier noch dünner. Die Blattnerven gelangen aber zur stärkeren Ausbildung, um dadurch den Blattspreiten, besonders den von den breiten Blättern eine grosse Geschmeidigkeit zu verleihen.

Die dicken, derben tropischen Blätter können das Wasser lange in ihrem Inneren aufspeichern, nachdem sie von der Mutterpflanze getrennt worden sind; dagegen haben dünne, weniger derbe Blätter dies Vermögen nur im beschränkten Masse, wie der folgende Versuch zeigt. Ich legte in Buitenzorg einige frischgepflückte Blätter von *Garcinia spicata*, Hook. f. und *G. xanthochymus*, Hook. f. auf einen Tisch in meinem Zimmer und liess sie unberührt liegen, bis sie verwelkt waren. Die Zimmertemperatur schwankte ungefähr von 23° bis 26°C und die durchschnittliche relative Luftfeuchtigkeit ungefähr von bis 60—70%. Während die Blätter der zweiten Art schon nach 5 Tagen beinahe

verwelkten und zum Teil trockneten, waren die ersteren nach mehr als 14 Tagen noch fast frisch und verfärbten sich erst nach 3 Wochen.

Der Unterschied zwischen diesen beiden Arten liegt hauptsächlich in der Beschaffenheit der Aussenfläche, genauer gesagt in der Kutikula und auch in der Dicke des Mesophyllgewebes; die Blätter der ersten Art sind fester und dicker gebaut und haben stärker ausgebildete Kutikula, dagegen sind die der zweiten Art von einer dünneren Konsistenz und auch mit weniger ausgeprägten Kutikula versehen.

Dass der Wasserverlust der tropischen Blätter je nach ihrer Konsistenz sehr verschieden ist, geht schon aus dieser ganz gelegentlich beobachteten Tatsache klar hervor; im Allgemeinen ist ihr festerer Bau ein weit besserer Schutz gegen so schnelle Wasserabgabe als bei unseren Baumblättern.¹⁾ Ich werde auf diesen Punkt später wieder zurückkommen.

Wegen der harten, oft lederartigen Beschaffenheit der Blattoberfläche, welche der starken Insolation unterliegt, kommen die Spaltöffnungen ausschliesslich auf der Unterseite vor, welche zarter und lockerer gebaut und vor dem direkten Einfluss der Sonne geschützt ist.²⁾ Eine derartige Verteilung der Spaltöffnungen zeigen auch unsere Baumblätter, jedoch nicht in solchem Masse,

1) Jeder Pflanzensammler in den Tropen wird die Erfahrung gemacht haben, dass das Austrocknen dicker, derber Blätter, die er von seinem Ausfluge mitbringt, auf gewöhnlichem Wege kaum möglich ist. Man wendet daher, wie ich im Buitenzorger Botanischen Garten erfuhr, ein künstliches Trockenverfahren an; man legt nämlich die frischen Pflanzen zwischen Papierbogen, presst eine Anzahl zwischen zwei eisernen Drahtplatten fest zusammen und stellt dann das ganze Bündel aufrecht auf einen Metalltisch, der von unten mit Gas erhitzt wird, so dass die heisse Luft vom unten in das Packet gepresster Pflanzen hineinströmt und am oberen Ende entweicht. Mittelst dieses Verfahrens werden selbst dicke, fleischige Blätter und saftige Früchte schon nach wenigen Stunden vollkommen getrocknet.

2) Nur bei den im Profil stehenden Blättern von *Sonneratia acida* sind Spaltöffnungen auf beiden Seiten vorhanden.

wie in den Tropen. Ich habe zahlreiche tropische Baumblätter in Bezug auf die Spaltöffnungen untersucht und konstatierte, dass die Spaltweite durchschnittlich kleiner zu sein scheint als bei japanischen Baumblättern.¹⁾ Bei den *Isonandra*- und *Palaquium*-Arten, sowie bei *Diospyros discolor* sind sie unter dichten Filzhaaren versteckt und bei *Durio zibethinus* mit Schuppenhaaren bedeckt.

V. GLANZ.

Infolge der starken Ausbildung der Kutikula zeigte die Oberfläche tropischer Laubblätter einen starken Glanz, welcher nicht nur bei dicken, derben Blättern (wie *Ficus elastica*, *Garcinia Mangostana*, *Isonandra Gutta*), sondern auch bei verhältnismässig dünneren Blättern (wie *Ficus religiosa*, *Mangifera indica*) zum Ausdruck kommt.

Besonders auffällig sind dicke, ebene Blätter, deren Oberfläche so glatt wie poliert aussieht und das Licht stark abspiegelt. Diese Lichtreflektion aus der ganzen Laubkrone verstärkt den Beleuchtungseffekt der Sonnenstrahlen so sehr, dass eine hochgradige Hofbildung auf den photographischen Platten erzeugt wird.

Der starke Glanz tropischer Laubblätter ist gewissermassen von biologischer Bedeutung, weil er durch Reflektion die intensive Wirkung der Sonnenstrahlen vermindert und so die exponierten Blattoberflächen vor einem allzustarken schädlichen, Lichteffekte schützt.²⁾

1) Vergl. AWANO, S. Ueber die Benetzbarkeit der Blätter. (Jour. Sci. Coll. Imp. Univ. Tokyo. Vol. XXVII. Art. 1. 1909.)

2) HABERLANDT (Eine botanische Tropenreise. p. 106) hält die Glätte und den Glanz der Blätter mancher tropischer Bäume für einen Vorteil, um so ihre Oberfläche von kleinen Epiphyten frei zu halten. Wie ich erfuhr, waren alle jungen Blätter, ob sie glatt waren oder nicht, ganz frei von Raumparasiten, dagegen wurden in älteren Stadien sogar glatte Blätter bisweilen durch epiphytische Flechten u. a. angegriffen.

VI. LAGE.

Die Blätter unserer gemeinen Laubbäume sitzen bekanntlich nicht in wagerechter Stellung auf den Zweigen, sondern sind mehr oder weniger geneigt. Viel deutlicher tritt eine derartige geneigte Stellung wegen der bedeutenden Grösse der Lamina bei den tropischen Laubblättern auf.

Der Ansatzwinkel tropischer Blätter ist aber nach meinen Beobachtungen ziemlich verschieden und mehr von der Grösse und der Konsistenz der Blattspreite abhängig als von einem systematischen Merkmale. Die kleinen oder mittelgrossen Blätter, oder die, welche eine harte, lederartige Konsistenz haben, sind schräg aufwärts gerichtet (z. B. *Ficus elastica*, *Palaquium*- und *Isonandra*-Arten, *Calophyllum aromaticum*, *Cerbera* sp.). Grössere und weniger dicke Blätter befinden sich oft in ungefähr horizontaler Lage (z. B. *Linociera macrocarpa*), während sehr grosse Blätter sich nach unten neigen (z. B. *Wormia pteropoda*, *Tectona grandis*). Auffallend sind die grossen Fiederblätter der Leguminosen wie die von *Amherstia nobilis* und *Brownea capitolla*, denn wie schon öfters berichtet worden ist,¹⁾ können junge wie alte Blätter fast senkrecht nach unten gerichtet sein. Ferner sind bei *Intsia palembanica*, *Aglaia elliptica*, var. *inaequalis*, *A. elaeagnifolia*, *Melia Sambos*, *Lansium humilis*, *Dysoxylum excelsum*, var. *pinnata*, die Blätter oder Teilblätter schräg abwärts geneigt.

Bekanntlich haben einige Arten Laubblätter insbesondere die, welche Variationsbewegungen ausführen, das Vermögen ihre Lage je nach der Stärke der Insolation zu ändern.²⁾ Eine derartige

1) Vergl. STAHL, E. Regenfall und Blattgestalt. (Ann. d. Jard. Botan. d. Buitenzorg. Vol. XI. 1894. p. 141.)

2) Vergl. JONOW, F. Ueber die Beziehungen einiger Eigenschaften der Laubblätter zu den Standortsverhältnissen. (Jahrb. f. wiss. Bot. Vol. XV. 1884. p. 295.)

Erscheinung lässt sich bei unseren Pflanzen auch konstatieren, jedoch verläuft die Reaktion im tropischen Klima bedeutend schneller, und dieser Umstand allein macht die Beobachtung äusserst interessant.

Während meines Aufenthaltes in Buitenzorg und Singapore habe ich diesbezügliche Beobachtungen auf verschiedenen Bäumen, Sträuchern und grossen Kräutern gemacht und zwar zu verschiedenen Tagesstunden, nämlich früh morgens, um die Mittagsstunde und gegen Abend. Dabei habe ich gefunden, dass bei den Blättern, die keine nyktitropische Bewegungen machen, auch eine Lageänderung infolge der starken Insolation eintritt, jedoch nicht im gleichen Grade. Bei harten, dicken oder ganz kleinen Blättern war die Erscheinung kaum bemerkbar, dagegen bei grösseren und weicheren Blättern im Allgemeinen mehr oder weniger deutlich zu sehen. Am Morgen waren die Blätter in ihrer normalen Stellung, in den Mittagsstunden, falls der Himmel klar war, in einer abwärts geneigten Lage; gegen Abend nahmen sie wieder ihre frühere normale Stellung an.

Diese Lageänderung, wie ich beobachtete, scheint in vielen Fällen mehr auf der starken Erwärmung der Blattoberfläche als auf der intensiven Beleuchtung durch die Mittagssonne zu beruhen. Die Blätter, besonders wenn sie dünner und zarter sind, leiden dabei an übermässiger Transpiration und folglich an Turgorsenkung. Die Bewegung wird durch die Aenderung des Turgorverhältnisses im Gewebe des Gelenks an der Basis des Blattstiels ausgeführt.

Ich habe mich zwar gewundert, dass dieses Gelenk bei vielen tropischen Laubblättern ungemein stark ausgebildet ist. Das Gelenk befindet sich gewöhnlich nur an der Basis des Blattstieles, aber bei einer Anzahl Pflanzen, die ich un-

tersuchte (z. B. *Bixa Orellana*, *Paratopia elliptica* und Leguminosen) auch am oberen Ende, wo die Lamina ansitzt. In allen Fällen ist die betreffende Stelle stark angeschwollen, um ein bewegliches Polster zu bilden.

Ausser den Leguminosen, bei denen das Gelenkpolster bekanntlich besonders stark ausgebildet ist, habe ich viele andere Laubblätter getroffen, die grosse, saftige, lange reaktionsfähig bleibende Pulvini besitzen. Als ein auffallendes Beispiel sei das Blatt von *Eusideroxylon Zwageri* erwähnt. Dasselbe ist fest gebaut und hat eine elliptische Form von ungefähr 31 cm in der Länge und 14 cm in der Breite. Der an der Blattstielbasis sich befindliche grosse Pulvinus ist saftig, halbdurchsichtig und so biegungsfähig, dass er im Stande ist das schwere, grosse Blatt nötigenfalls in jede Stellung zu bringen.

Die Lamina der *Bixa Orellana* (Fig. 7) können mittelst eines zweiten Gelenkpolsters am oberen Ende des Blattstiels viel leichter in jede beliebige Lage gebracht werden als es bei anderen eingelenkigen Blättern der Fall ist. Die normale, schief nach unten gerichtete Stellung der Lamina dieses Baumes ist durch einen zweiten Pulvinus verursacht.

Weit auffallender als die eben geschilderten Lageänderung ist die Zurückbewegung der Blätter aus ihrer Zwangslage zur normalen Stellung. Bei Gelegenheit meiner botanischen Ausflüge in Java habe ich schöne Beispiele derartiger Erscheinungen bei Blättern gesehen, die auf einigen abwärts wachsenden Zweigen sassen; ihre Gelenkpolster waren gewaltig nach oben gekrümmt, um die Lamina in die Normallage zu bringen.

Im Buitenzorger Botanischen Garten steht ein zu den Dipterocarpeen gehörender Baum, *Shorea Pinanga*, SCHEFF. mit mehreren Meter langen, senkrecht hängenden, schlanken Zweigen. Jedes

Blatt hatte am stark angeschwollenen Gelenkpolster eine Drehung von 180° gemacht und war schräg aufwärts gerichtet. Die Reizbewegung des Blattes ist erst dann induziert worden, wenn die Lamina eine gewisse Grösse erreicht hat, was aus dem Umstande klar hervorgeht, dass die an der Spitze der Zweige ansitzenden sehr jungen Blätter noch keine solche Bewegung mitmachten. Um zu wissen wie lange das Gelenkpolster noch reaktionsfähig sein kann, bog ich einen hängenden Zweig nach oben und liess ihn in der neuen Lage. Schon am nächsten Tage bemerkte ich, dass eine Anzahl Blätter anfangen wieder in ihre alte Lage nach oben zurückzukehren; dies war deutlicher bei jüngeren als bei älteren Blättern zu sehen. Meine anderweitigen Arbeiten verhinderten mich die Erscheinung genauer zu verfolgen, jedoch habe ich mich durch diesen einfachen Versuch überzeugt, dass das Gelenkpolster lange nach der Blattausbildung wachstumfähig bleibt, um die Reizkrümmung auszuführen.¹⁾

VII. LAUBPERIODIZITÄT.

In früheren Zeiten war man der falschen Ansicht, dass alle Gewächse in den Tropen fortwährend grünen, blühen und Früchte tragen. Wie es aber in der Neuzeit wiederholt bewiesen wurde, unterliegt jeder tropische Baum auch der periodischen Wiederkehr von Laubentfaltung und Laubfall. Allein diese Erscheinung tritt in den Regenwaldzonen der Tropen, ungleich wie bei unserem Klima, nicht bei sämtlichen Bäumen und Sträuchern zur gleichen Zeit auf, sondern bei verschiedenen Gewächsen zu verschiedenen Jahreszeiten, sodass die tropische Vegetation bei einer oberfläch-

1) Vergl. CZAPEK, F. Die Bewegungsmechanik der Blattgelenke der Menispermaceen. (Ber. Deut. Bot. Ges. Bd. XXVII. 1909. p. 404.) Der Autor stellte auch Versuche über die Krümmungsmechanik der Blätter an und konstatierte die Wachstumsbewegungen des Blattgelenks.

lichen Betrachtung fast das ganze Jahr hindurch dieselbe zu sein scheint.

Ueber die Periodizität des Blattfalls hat WRIGHT¹⁾ neuerdings zahlreiche Beobachtungen in Ceylon angestellt; er kommt zum Ergebnis, dass eine derartige Periodizität ausser den klimatischen Einflüssen auch den angeborenen Eigenschaften der Pflanzen zugeschrieben werden muss. Denn, wie er nachweist, verlieren Pflanzen derselben Art an ein und denselben Standorten ihre Blätter zu Zeiten, die um mehrere Wochen und Monaten variieren, während die einer anderen Art in verschiedenen, klimatisch ungleichen Standorten beinahe zur selben Jahreszeit dem Blattabfall unterliegen. Ferner lassen einige Bäume ihre Blätter nicht in den trockenen Jahreszeiten sondern gerade in der Regenzeit fallen.

Gegen diese Annahme macht HOLTERMANN,²⁾ der auch in Ceylon diesbezügliche Beobachtungen anstellte, unter Beweisführung den Einwand, dass eine sogenannte innere Ursache nichts anders als eine Anpassungserscheinung sein dürfte. Ferner, betont er, „es kommt nicht vor, dass einheimische Bäume in der Regenzeit blattlos werden.“³⁾

Es ist durchaus nicht leicht eine allgemein gültige Erklärung für diese Erscheinung zu geben, da sie in der Tat eine komplizierte Ursache zu haben scheint. So lange man sich über die Herkunft und Lebensweise jeder Baumart, sowie über die klimatischen Verhältnisse ihrer natürlichen Standorte u. s. w. nicht vollständig klar ist, so lange wird man auch nicht im Stande sein den beobachteten Tatsachen eine Erklärung zu geben.

1) WRIGHT, H. Foliar Periodicity of endemic and indigenous Trees in Ceylon. (Ann. of the Roy. Bot. Gard. Peradeniya. Vol. II. Part III. 1905).

2) HOLTERMANN, I. c. p. 154.

3) p. 181.

Nach meinen eigenen Erfahrungen sind die Wachstums- und dergleichen Erscheinungen tropischer Bäume gewissermassen vom Klima abhängig, jedoch in weit geringerem Grade als bei uns und auch in verschiedener Masse je nach den Standorten. In einer Gegend in der das Klima das ganze Jahr hindurch nur einer kleinen Schwankung unterworfen ist wie z. B. Westjava, kommen die äusseren Einflüsse natürlich viel weniger zur Geltung als an einem Orte, wo der klimatische Wechsel viel ausgeprägter ist (z. B. in Bengalen oder Formosa). Doch habe ich in Buitenzorg und anderen Teilen Westjawas beobachtet, dass eine Anzahl Bäume gerade in der trockenen Jahreszeit dem Laubwechsel unterlag, und dass die Blätter einiger Baumarten, z. B. der *Terminaria Cattapa* vor dem Abfallen eine schöne rote Farbe („Trockenröte“) annahmen.¹⁾ Andererseits gibt es aber dort unter den einheimischen Bäumen auch solche, bei denen der Laubwechsel zu einer anderen Jahreszeit eintritt und ferner auch noch viele, die fortwährend neues Laub entfalten und altes abwerfen. Derartige Fälle haben sicher nichts mit den klimatischen Einflüssen zu tun, und es fehlt auch an anderen ähnlichen Wachstumserscheinungen nicht, die unabhängig von Zeit und Klima zu sein scheinen.

Es würde eine sehr dankbare Aufgabe sein, jede Art tropischer Bäume und Sträucher an ihren natürlichen Standorten in Bezug auf Laub- und Blütenperiodizität mehrere Jahre hindurch zu beobachten und unter Begleitung klimatischer und meteorologischer Daten die beobachteten Tatsachen zu veröffentlichen. Eine derartige Arbeit ist einem reisenden Botaniker kaum möglich zu machen und kann nur von Botanikern ausgeführt werden, die in den Tropen wohnen und mit der respektiven einheimischen Flora vertraut sind.

1) MIYOSHI, M. Ueber die Herbst- und Trockenröte der Laubblätter. (Jour. Sci. Coll. Imp. Univ. Tokyo. Vol. XXVII. Art. 2. 1909).

VIII. BENETZBARKEIT.

Es interessierte mich besonders die Grade der Benetzbarkeit tropischer Laubblätter an Ort und Stelle näher zu studieren, erstens, da uns die bekannten Forschungen von JUNGNER¹⁾ und STAHL²⁾ über die Beziehung der Blattgestalt zum Regen vorliegen, und zweitens, um die tropischen Blätter mit den japanischen in dieser Hinsicht vergleichen zu können.

JUNGNER hat nämlich die Pflanzen des regenreichen Kamerungebietes nach ihrer Blattform untersucht und fand, dass sie vorwiegend mit langspitzigen Blättern versehen waren, um das Regenwasser schnell abfliessen zu lassen.

Ganz unabhängig davon führte STAHL in Westjava zwar in der Regenperiode eine Reihe Studien über ähnliche Erscheinung aus und hat die Resultate in seiner oben zitierten berühmten Abhandlung veröffentlicht. Er stellte vor allem die grosse Bedeutung der sogenannten Träufelspitze³⁾ zum leichten Abfluss des Regens fest, und zeigte ferner, dass gerade derartige Blätter vom Regenwasser benetzbar sind, Blätter mit stumpfer Spitze dagegen nicht.

Später versuchte JUNGNER⁴⁾ die typischen Regenblätter auf experimentellem Wege zu bilden und gelangte zum Resultate, dass einige Eigenschaften wie hängende Lage, Benetzbarkeit u.s.w. unter Umständen leicht hervorgerufen werden können, dagegen andere Merkmale wie Träufelspitze u.a. mittelst derselben Methode seltener zu Tage treten.

1) JUNGNER, J. R. Anpassungen der Pflanzen an das Klima in den Gegenden der regenreichen Kamerungebiete. (Botan. Centralbl. No. 38. 1891); Wie wirkt träufelndes und fliessendes Wasser u. s. w. l. c.

2) STAHL, l. c.

3) STAHL, l. c. p. 100. Ueber das Vorkommen träufelspitziger Blätter in Ceylon, siehe HOLTERMAN, l. c. p. 221. Vergl. auch HANSGERG, A. Phyllobiologie. 1903. p. 109. Ueber die gegenteilige Ansicht betreffs der Träufelspitze siehe KEEBLE, F. W. The hanging Foliage of certain tropical Trees. (Ann. of Bot. Vol. IX. no xxxiii. 1895. p. 59).

4) JUNGNER, Wie wirkt träufelndes und fliessendes Wasser u. s. w. l. c. p. 35.

Jedenfalls weisen schon die früheren Untersuchungen auf die gute Benetzbarkeit mancher Pflanzenblätter der feuchten Tropengenden hin.

In der Absicht die Benetzbarkeit der Blätter von Pflanzen, die einem solchen milden und ziemlich regenreichen Klima wie dem von Japan angepasst sind, zuerst kennen zu lernen, habe ich HERRN S. AWANO¹⁾ veranlasst, möglichst verschiedene Pflanzenvereine in dieser Beziehung zu studieren. Nach einer Reihe von Untersuchungen kam er zum Resultate, dass unter seinen 264 Versuchspflanzen 101 leicht benetzbare und 163 schwerbenetzbare Blätter haben. Diese Zahlen beziehen sich aber nicht nur auf Bäume, sondern auch auf Sträucher und Kräuter. Wichtig ist nun für unseren Zweck zu wissen, dass unter den 44 immergrünen Laubbäumen und Sträuchern, die zu 23 verschiedenen Familien gehören, 42 mit schwerbenetzbaren und nur 2 mit leichtbenetzbaren Blättern versehen sind. Kurz mehr als 95% sind unbenetzbar.

Bei allen diesen Blättern ist das obere Ende mehr oder weniger gespitzt, wie bei den meisten Pflanzenblättern; ferner gibt es keine Unterschiede in Bezug auf den Charakter des oberen Endes zwischen den schwerbenetzbaren und den leichtbenetzbaren Blättern. Obgleich AWANO's Versuche mit immergrünen Blättern nicht besonders zahlreich sind, so geht doch aus ihnen klar hervor, dass bei unserem mässig feuchten Inselklima derartige Laubblätter vorwiegend schwerbenetzbar sind.

Diese Befunde erweckten in mir den Gedanken, dass die Benetzbarkeit der Blätter, wenn sie eine gewisse Beziehung zum Klima (Regen, Luftwärme, u. s. w.) hätte, in den Tropen, wo der klimatische Faktor in voller Kraft auf die Pflanzen wirkt, noch viel ausgeprägter zum Vorschein kommen müsste.

1) AWANO, l.c.

Mit diesem Gedankengang in Buitenzorg ankommend, untersuchte ich im dortigen botanischen Garten zahlreiche Laubblätter nach ihrer Benetzbarkeit. Ich habe auch diesbezügliche Studien in Singapore bei einer kleineren Anzahl Laubblätter gemacht, doch will ich mich hier nur auf die Versuchsergebnisse, die ich in Buitenzorg erhalten habe, beschränken.

Mein Material stammt grossenteils aus dem dortigen botanischen Garten und nur einen kleinen Teil brachte ich aus der Umgebung vom Buitenzorg mit.

Natürlich sind die im botanischen Garten wachsenden Pflanzen dem Standorte nach heterogenen Ursprungs; ich wählte jedoch erstens die in Java und in den benachbarten regenreichen Gegenden vorkommenden Arten und zweitens zum Vergleich auch Arten aus andern klimatischen Zonen, wie z.B. aus Ostindien, dem tropischen Amerika, u. s. w.

Durch das freundliche Entgegenkommen des HERRN HORTULANUS WIGMAN erhielt ich jeden Morgen eine Anzahl frisch abgeschnittener Zweige mit jungen und älteren Blättern, die ich sofort in Bezug auf ihre Benetzbarkeit untersuchte. Ich ermittelte auch die Verteilung der Spaltöffnungen, Beschaffenheit der Blattoberfläche, Form der Epidermiszellen, Dicke des Palissadenparenchyms, u. s. w.

Um den Grad der Benetzbarkeit zu ermitteln tauchte ich die Blätter einfach ins Wasser und urteilte nach dem Herausnehmen je nach dem langen oder kurzen Verbleiben der Wassertröpfchen auf den Blattflächen, ob sie leicht oder schwer benetzbar sind.

Im Folgenden sind die Resultate meiner Untersuchungen kurz zusammengefasst:

1. Die auf Java und in den anderen feuchten Regenwaldzonen der indomalaiischen Tropenländer vorkommenden Bäume

und Sträucher haben im Gegensatz zu den hier in Japan vorkommenden Arten meistens Blätter, die auf beiden Seiten gut benetzbar sind.

2. Doch ist die Benetzbarkeit vom Alter der Blätter abhängig. Manche junge Blätter sind unbenetzbar, obgleich sie später benetzbar werden.

3. Es gibt auch zahlreiche Blätter, die sowohl in jungen als auch in alten Stadien schwer benetzbar ist.

4. Die leichte Benetzbarkeit tropischer Laubblätter ist nicht auf die Pflanzen von feuchten Gegenden der Tropen beschränkt. Die Blätter von vielen Bäumen, die in verhältnismässig trockenen Tropenländern einheimisch sind, besitzen auch diese Eigenschaft.

5. Der Grad der Benetzbarkeit ist nicht von der Blattgestalt abhängig. Es gibt manche Blätter, die keine Träufelspitze haben und doch gut benetzbar sind, z. B. *Palaquium*- und *Isonandra*-Arten (Fig. 5.), *Eusideroxylon Zwageri*, *Kigelia pinnata*, *Dipterocarpus trinervius*, var. *elegans* (Fig. 2.), *Brexia serrata* (Fig. 8.), *Psidium araca* (Fig. 9.), *Filicium decipiens* (Fig. 10).

6. Es scheint, als ob in einigen Fällen das Benetzbarkeitsvermögen vom systematischen Charakter abhängig ist. So haben z. B. die Mehrzahl der von mir untersuchten Leguminosen, welche freilich von verschiedenen Standorten stammten, schwer oder absolut unbenetzbare Blätter.

Die folgende Tabelle veranschaulicht das Benetzbarkeitsvermögen der von mir untersuchten tropischen Baumblätter nebst Notizen über die geographische Verbreitung, die ich hauptsächlich dem Index Kewensis entnahm. In der Tabelle sind auch einige krautartige Gewächse erwähnt, die ich nur gelegentlich untersucht habe.

Folgende Abkürzungen und Zeichen kommen in der Tabelle

vor:

- * Kräuter oder krautartige Pflanze.
 O Oberseite.
 U Unterseite.
 + Beide Seiten benetzbar.
 — Beide Seiten unbenetzbar.
 O+ Oberseite benetzbar.
 U— Unterseite unbenetzbar.

TABELLE.

Familien.	Pflanzennamen.	Geogr. Verbreitung.	Ausgewachsenes Blatt.	Junges Blatt.
Dilleniaceae	<i>Wormia pteropoda</i> MIQ.	Ind. or. ; Java ; Ins. Molucc.	O+ ; U—	
Anonaceae	<i>Anona squamosa</i> L.	Ind. oce. ; Am trop.	—	
Bixineae	<i>Bixa Orellana</i> L.	Am. trop.	+	—
Guttiferae	<i>Calophyllum vernulosum</i> ZOLL.	Java.	+	—
"	<i>Garcinia Mangostana</i> L.	Ins. Molucc.	+	—
Ternstroemiaceae	<i>Gordonia excelsa</i> BL.	Malaya ; Reg. Himal.	+	—
Dipterocarpeae	<i>Ancistrocladus VahlII</i> , ARN.	Zeylan.	+	—
"	<i>Dipterocarpus trinervius</i> BL. var. <i>elegans</i> BL.	Java.	+	
"	<i>Dryobalanops aromatica</i> GAERTN.	Borneo.	+	O— ; U+
"	<i>Hopea fugifolia</i> MIQ.	Ins. Banca.	+	+
"	<i>Shorea Maranti</i> BURCK.	Ind. bat. ; Java.	+	—
"	<i>S. Pinanga</i> SCHEFF.	Malaya.	—	
Malvaceae	<i>Durio zibethinus</i> MUSS.	Malaya.	O— ; U+	
"	<i>Eriodendron anfractuosum</i> DC.	As. et Af. trop.	—	+
"	<i>Thespesia populnea</i> SOLAND.	As. et Af. trop.	+	+
Sterculiaceae	<i>Theobroma Cacao</i> L.	Am. trop.	+	O+ ; U—
Burseraceae	<i>Canarium commune</i> L.	Ins. Molucc	+	—
"	<i>Filicium decipiens</i> THW.	Ind. or.	+	O+ ; U—
Meliaceae	<i>Aglaiia elaeagnoides</i> BENTH.	Austral.	—	
"	<i>Lansium domesticum</i> JACK.	Malaya.	+	+
"	<i>Melia Azadiracta</i> L.	Ind or. ; Java.	+	
"	<i>Swietenia Mahagoni</i> JACQ.	Am. austr.	+	
Oclacinae	<i>Gonocaryum macrocaryum</i> SCHEFF.	Malacca ; Sumatra.	+	
Ampelideae	<i>Vitis sp.</i>	Java.	—	

Sapindaceae	<i>Nephelium lappaceum</i> L.	Malaya.	+	
„	<i>N. mutabile</i> BL. var. <i>irigyna</i> .	Malaya.	O+ ; U-	
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i> L.	Ind. or. ; Malaya.	+	
Leguminosae	<i>Amherstia nobilis</i> WALL.	Burma.	-	
„	<i>Bauhinia variegata</i> L.	Ind. or. ; Burma ; Malaya ; China.	-	-
„	<i>Brownea hybrida</i> HORT.	Am. trop.	+	-
„	<i>Caesalpinia Sappan</i> L.	As. trop. Java.	-	-
„	<i>Daibergeria lanceolaris</i> L. F.	Ind. or.	-	-
„	<i>Erythrina Corallodendron</i> L.	Am. tor. ; Ind. or. ; Java.	-	-
„	<i>Haematoxylon campechianum</i> L.	Am. trop.	+	-
„	<i>Maniltoa gemmipara</i> SCHEFF.	N. Guin.	+	-
„	<i>Pithecolobium Saman</i> BENTH.	Am. trop.	-	
„	<i>Poinciana regia</i> BOJ.	Madag.	-	
„	<i>Pterocarpus indicus</i> WILLD.	As. trop. ; Java.	-	
„	<i>Saraca declinata</i> MIQ.	Sumatra.	+	-
„	<i>Schizolobium excelsum</i> VOG.	Bras.	-	
„	<i>Tamarindus indica</i> L.	As. et Af. trop. ; Java.	-	
Saxifrageae	<i>Bresia madagascariensis</i> THOU.	Madag.	+	+
Rhizophoreae	<i>Bruguiera eriopetala</i> WRIGHT ET ARN.	As. trop.	+	-
Combretaceae	<i>Terminalia Cattapa</i> L.	As. trop.	+	
Myrtaceae	<i>Barringtonia excelsa</i> BL.	Malaya.	+	-
„	<i>B. speciosa</i> L. F.	Ins. pacif.	-	-
„	<i>Eucalyptus alba</i> REINW.	Austral. ; Ins. Timor.	+	
„	<i>E. robusta</i> SM.	Austral.	-	
„	<i>Metrosideros vera</i> LINDL.	Ambloina ; Java.	+	
„	<i>Psidium araca</i> REDDI.	Bras.	+	+
Lythraceae	<i>Sonneratia acida</i> L. F.	Ind. or. ; Malaya ; Java.	-	+
Cucurbitaceae	<i>Zanonia macrocarpa</i> BL.	Java.	-	-
Araliaceae	<i>Heptapleurum venulosum</i> SEEM.	As. et Austr. trop.	O- ; U+	-
Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	Af. trop.	+	+
„	<i>C. canephora</i> .		+	+
„	<i>C. robusta</i> L. LINDEN.	Af. trop.	+	+
„	<i>C. stenophylla</i> G. DON.	Abyssin.	+	+
„	<i>Psychotria robusta</i> BL.	Java.	+	-
„	<i>Uncaria Gambier</i> ROXB.	Malaya.	O+ ; U-	
Goodenovieae	<i>Scaevola Koenigii</i> VAHL.	Reg. trop.	+	+

Sapotaceae	<i>Achras Sapota</i> L.	Am. Austr.	+	
„	<i>Isonandra</i> sp.	Java.	+	
„	<i>Palaquium calophyllum</i> PIERRE.	Ins. Andaman.	+	
„	<i>P. Gutta</i> BURCK.	Malaya.	+	
Ebenaceae	<i>Diospyros discolor</i> WILLD.	Ins. philip.	O- ; U+	
„	<i>D. microphylla</i> , REDD.	As. trop.	+	
Apocynaceae	<i>Plumeria alba</i> L.	Ind. occ.	-	
„	<i>Tabernaemontana coronaria</i> WILLD.	Ind. or.	-	-
„	<i>Thevetia nerifolia</i> JUSS.	Am. trop.	-	-
Loganiaceae	<i>Fagraea littoralis</i> BL.	Java.	-	
„	<i>Strychnos Nux-vomia</i> L.	Ind. or. ; Burma.	+	
Convolvulaceae	* <i>Ipomaea aquatica</i> FORSK.	Geront. trop.	+	+
Bignoniaceae	<i>Kigelia pinnata</i> DC.	Af. trop.	+	
„	<i>Spathodea campanulata</i> BEAUV.	Af. trop.	+	+
Verbenaceae	<i>Tectona grandis</i> L.	Java ; Burma.	+	
Labiatae	* <i>Ocimum Basilicum</i> L.	As. occ. et trop.	+	+
Nyctagineae	<i>Pisonia cauliflora</i> SCHEFF.	Malaya.	O+ ; U-	-
Piperaceae	<i>Piper Betle</i> L.	Malaya.	+	
Myristiceae	<i>Myristica fragrans</i> HOUTT.	Ins. Molucc.	+	+
Laurineae	<i>Eusideroxylon Zwageri</i> TEIJSM.	Borneo.	+	
„	<i>Persea gratissima</i> GAERIN.	Am. trop.	O+ ; U-	-
Euphorbiaceae	<i>Bischofia javanica</i> BL.	Malaya ; Ins. pacif.	+	-
„	<i>Buxus sempervirens</i> L.	Oriens ; As. temp.	+	-
„	<i>Hevea brasiliensis</i> MÜLL. ARG.	Bras.	O+ ; U-	-
„	<i>Manihot Glaziovii</i> MÜLL. ARG.	Bras.	O+ ; U-	-
Urticaceae	<i>Artocarpus incisa</i> L. F.	Malaya ; Ins. pacif.	O+ ; U-	-
„	<i>A. integrifolia</i> L. F.	Ind. or. ; Malaya.	O+ ; U-	O+ ; U-
„	<i>Castilloa elastia</i> CERV.	Mexico.	+	+
„	<i>Ficus Benjamina</i> L.	As. trop. ; Malaya.	+	-
„	<i>F. elastica</i> BOXB.	Ind. or.	+	
„	<i>F. religiosa</i> L.	Ind. or.	+	
Casuarineae	<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	Malaya ; Ins. pacif.	+	
Gnetaceae	<i>Gnetum Gnemon</i> L.	Malaya.	O+ ; U-	-
Coniferae	<i>Dammara obtusa</i> LINDL.	Malaya.	O+ ; U-	
Liliaceae	<i>Smilax macrophylla</i> ROXB.	Ind. occ.	-	-
Palmae	<i>Cyrtostachys Renda</i> BL.	Java ; Sumatra.	+	
Pandaneae	<i>Freycinetia strobilacea</i> BL.	Ins. Amboina.	+	+
Gramineae	* <i>Andropogon Schoenanthus</i> L.	As. et Af. trop. et subtrop.	+	
Filices	* <i>Acrosticum aureum</i> L.	Malaya ; Java.	+	

Zusammenfassung.

I. Unter vollständig ausgewachsenen Blättern von 99 Pflanzenarten (46 Familien, 89 Gattungen):

a.	beide Seiten benetzbar.	...	...	...	...	...	61
b.	beide Seiten unbenetzbar.	...	...	...	...	...	24
c.	nur die Oberseite benetzbar.	...	...	...	...	...	11
d.	nur die Unterseite benetzbar.	...	...	...	...	...	3

II. Unter jungen Blättern von 55 Pflanzenarten (29 Familien, 50 Gattungen):

a.	beide Seiten benetzbar.	...	...	...	...	...	18
b.	beide Seiten unbenetzbar.	...	...	...	...	...	33
c.	nur die Oberseite benetzbar.	...	...	...	...	...	3
d.	nur die Unterseite benetzbar.	...	...	...	...	...	1

III. Benetzbarkeitsverhältnisse zwischen jungen und ausgewachsenen Blättern. Unter 47 Pflanzenarten:

a.	junge Blätter unbenetzbar, ausgewachsene Blätter benetzbar.	...	...	...	...	...	...	20
b.	junge und ausgewachsene Blätter benetzbar.	...	...	...	...	...	...	16
c.	junge und ausgewachsene Blätter unbenetzbar.	...	...	...	...	...	...	9
d.	junge Blätter benetzbar, ausgewachsene Blätter unbenetzbar.	...	...	...	...	...	...	2

Soweit meine Untersuchungen reichen, bin ich zum Resultat gekommen, dass ausgewachsene, ältere, tropische Blätter im Allgemeinen gut benetzbar sind, im Gegensatz zu den Baumblättern der gemässigten Gegenden; die Standortsverhältnisse, ob sehr feucht oder relativ trocken, scheinen dabei

nicht von grosser Bedeutung zu sein. Sogar die Blätter der Bäume, welche den äusserst regenreichen tropischen Zonen angepasst sind, haben keine Vorrichtung, um ihre Flächen unbenetzbar zu halten. Freilich dienen die Träufelspitze und andere Einrichtungen des Blattes, wie JUNGNER und STAHL gezeigt haben, zum leichten Abfluss des Regenwassers, und die gute Benetzbarkeit ist vom Nutzen, da sie die schnelle Ausbreitung der Regentropfen auf der Blattfläche in einer dünnen Schicht ermöglicht und dann vom Blatte sofort abtropfeln lässt.¹⁾ Anderseits gibt es aber viele Blätter, die eine derartige Einrichtung nicht besitzen, jedoch benetzbar sind.

Die Unbenetzbarkeit der Blattoberfläche beruht bekanntlich auf der besonderen Eigenschaft der Epidermiswände, die in den jüngeren Stadien den das Regenwasser abstossenden, fettartigen Stoff mehr oder weniger reichlich enthalten. Mit zunehmendem Alter vermindert sich oft oder verschwindet sogar der Fettstoff, und daher sind manche alte Blätter leicht benetzbar. Selbst sehr junge oder mässig ausgewachsene, schwer benetzbare Blätter können künstlich sofort benetzbar gemacht werden, wenn man die Blattoberfläche mit Watte, die in Aether getränkt ist, sanft reibt. Auf diese Weise habe ich viele in der Tabelle (p. 25 u.s.w.) stehende unbenetzbare Blätter gut benetzbar gemacht.

Was ist die Ursache der leichten Benetzbarkeit der meisten tropischen Laubblätter? Wie STAHL²⁾ mit Recht betont, macht die fortwährende Abspülung durch Regen die Blattfläche gut benetzbar und durch Behandlung mit fliessendem Wasser konnte JUNGNER³⁾ die leichte Benetzbarkeit einiger Blätter experimentell hervorrufen.

1) Vergl. STAHL. l.c. p. 116.

2) STAHL, l.c. p. 110.

3) JUNGNER, l.c. p. 35.

Mir scheint aber ausser der eben genannten Ursache noch die hohe Luftwärme und die starke Insolation, denen die tropischen Laubblätter ausgesetzt sind, eine Rolle zur Erwerbung der betreffenden Eigenschaft zu spielen. Denn nach meinen Beobachtungen zeigen die Baumblätter der relativ regenarmen tropischen Gebiete auch eine leichte Benetzbarkeit.

Es darf nicht ausser Acht gelassen werden, dass es einige Blätter gibt, die in allen Altersstadien leicht benetzbar sind (vergl. Zusammenfassung III. b. p. 28). Hier handelt es sich ohne Zweifel um ein erbliches Merkmal.

Alles in allem ergeben diese Studien, dass der Grad der Benetzbarkeit eines ausgewachsenen Blattes hauptsächlich vom Klima (Regen, Luftwärme, Sonnenlicht, Wind) abhängig ist. Im gemässigten Klima werden die Blätter der Mesophyten, besonders der Laubbäume, nur in einem geringeren Grade dadurch beeinflusst und sind daher meistens schwer benetzbar. Dagegen erwerben die Laubblätter in den Tropen, vor allem in regenreichen Ländern dank der extremen Wirkung der klimatischen Faktoren das Benetzbarvermögen in einer hohen Masse, und folglich kommt diese Eigenschaft sehr deutlich zum Ausdruck.

RÜCKBLICK UND SCHLUSS.

Tropische Laubblätter zeichnen sich durch derbe, geschmeidige, oft lederartige Konsistenz, glatte, sogar glänzende Oberfläche, Ganzrändigkeit und ovale, elliptische oder länglich-elliptische Gestalt aus, (mit Ausnahme gewisser Pflanzenarten.) Diese in physikalischer Hinsicht vorkommene Bauart dient

in erster Linie dazu, um den allzu schnellen Wasserverlust durch Transpiration zu verhüten.

Ein jeder, der einmal selber in den Tropen starke Insolation und heisse Luft, denen jedes Gewächs dort ausgesetzt ist, erfahren hat, kommt ungezwungen zur Vorstellung, dass derartige Verrichtungen seitens der tropischen Blätter vom unbedingten Erfordernis sein müssen. Wären die tropischen Laubblätter so dünn und so zart wie unsere gewöhnlichen Baumblätter, so könnten sie den trocknenden Einflüssen nicht widerstehen, sondern würden das Wasser schnell verlieren und sofort einschrumpfen.

Selbst in Westjava, das bekanntlich von starken Regengüssen heimgesucht wird, herrscht in den trockenen Jahreszeit (April—Oktober) im Allgemeinen klares Wetter, wenigstens vom frühen Morgen bis in die Nachmittagsstunden. Mein erster Besuch in Java war in März (1895), also ehe die Regenperiode ganz geendet war; ich erlebte damals fast jeden Tag einen heftigen Regenfall. Anders war es bei meinem letzten Besuch, den ich im September (1907) machte. Das Wetter in Buitenzorg war vorwiegend schön, und mit Ausnahme von wenigstündigen Gewittern am Nachmittag war der Himmel immer heiter oder nur mässig bewölkt. Ich erinnere mich sogar einiger gewitterlosen Tage. Bei dieser klaren Witterung war die Luft so trocken, dass ich keine unangenehme Schwüle empfand und frisch abgepflückte, auf einen Tisch gelegte dünnere Blätter verwelkten bald. Manche Gewächse, wie *Carica Papaya* und andere grossblättrige Bäume und Sträucher liessen während der Mittagsstunden ihre Blätter mehr oder weniger nach unten hängen und schienen vom Wassermangel zu leiden.

Auf Grund dieser und anderer Beobachtungen bin ich zur

Ueberzeugung gekommen, dass an klaren, trockenen Tagen oder Stunden grosse Gefahr des Wasserverlustes in Laubblättern vorhanden sein muss¹⁾ und sogar bei trübem Wetter, denn in Folge der grossen und beständigen Luftwärme ist die Wasserabgabe durch Verdunstung ganz beträchtlich. In diesem Grunde liegt die Notwendigkeit seitens tropischer Laubblätter sich durch ihren eigenartigen, gewissermassen wasserdichten Bau vor übermässiger Transpiration zu schützen. Es fehlen genügende Data über die Transpirationsstärke tropischer Laubblätter,²⁾ insbesondere derjenigen, die eine dicke, derbe Konsistenz haben. Wegen Zeitmangel war ich leider nicht im Stande diesbezügliche Versuche auszuführen.

Anderseitiger Schutz gegen starke Insolation wird durch Spiegelglanz der Blattoberfläche, schiefe Stellung der Lamina, Lageänderung u.s.w. erzielt.

Ferner ist es für die Mehrzahl der tropischen Laubblätter gleichgiltig, ob ihre Oberfläche bei dem starken Regenfall benetzt wird. Das Wasser läuft während des Regengusses fortwährend von der Spitze (insbesondere der Träufelspitze) oder von der Basis ab und schon wenige Minuten nach Eintritt der Regenpause werden die Blattflächen wieder vollkommen trocken. Uebrigens ist die Unterseite, an der die Spaltöffnungen sich

1) Vergl. WIESNER, J. Untersuchungen über die mechanische Wirkung des Regens, u.s.w. l.c. p. 325.

2) Ueber die Transpiration der Blätter in den Tropen liegen uns die Untersuchungen von HABERLANDT, G. Anatomisch-physiologische Untersuchungen über das tropische Laubblatt. (Sitzb. d. k. k. Akad. d. Wiss. Wien. Bd. CI. 1892. p. 785). GITAY, E. Vergleichende Studien über die Stärke der Transpiration in den Tropen und im mitteleuropäischen Klima. (Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. XXX. 1897. p. 615). GITAY, E. Die Transpiration in den Tropen und in Mitteleuropa II. (Ebenda, Bd. XXXII. 1898. p. 477) vor. HOLTERMANN l.c. hat auch eine Reihe Transpirationsversuche in Ceylon angestellt und konstatierte einen grossen Wasserverlust der Blätter in gewissen Stunden an einem klaren Tage. Man vergl. auch WRIGHT, l.c. p. 445; DETMER, l.c. p. 111. Ferner, BURGERLSTEIN, A. Die Transpiration der Pflanzen. 1904. p. 160-174.

befinden, meistens nicht direkt von den Regentropfen getroffen und bleibt oft sogar beim starken Regen fast ganz trocken.

II.

Die Variabilität von *Prunus Puddum*, ROXB. und seine Unterscheidungsmerkmale von *Prunus campanulata*, MAXIM.

Prunus Puddum, ROXB. ist ein im östlichen Himalaya wild wachsender Kirschbaum, der wegen seiner schönen Blüten (Taf. II. Fig. 1.) bekannt ist. Diese Art ist nach J. D. HOOKER¹⁾ mit der japanischen Bergkirsche, *Prunus Pseudo-Cerasus*, LINDL. nahe verwandt und nach MAXIMOWICZ²⁾ am nächsten mit unserer Winter-Rotkirsche, *Prunus campanulata*, MAXIM. verwandt. SCHNEIDER³⁾ hat sogar die Vermutung ausgesprochen, dass *P. campanulata* eine Kulturrasse von *P. cerasoides*, D. DON. (*P. Puddum*) sein dürfte.

Da ich mich seit mehreren Jahren mit dem Studium unserer Kirscharten beschäftigt habe, interessierte es mich besonders die oben erwähnte Frage d. h. die systematische Verwandtschaft event. Identität beider Arten genauer zu studieren. Das Fehlen des Herbarmaterials von *P. Puddum* machte mir aber eine derartige Untersuchung bisher unmöglich.

Darum machte ich auf meiner letzten Reise nach Ostindien einen Ausflug nach Darjeeling, um dort den Habitus des himalayischen Kirschbaums an Ort und Stelle näher zu beobachten.

1) HOOKER J. D. Flora of British India. Vol. II. p. 314.

2) MAXIMOWICZ, C. J. Diagnoses des nouvelles plantes asiatiques, V. (Bull. d. l'Acad. Imp. d. Sci. d. St.-Petersb. T. 29. p. 103.) und auch Mém. Biol. XI. p. 698.

3) SCHNEIDER, C. K. Illustriertes Handbuch des Laubholzkunde. Bd. I. 1906. p. 607.

Allein es war zu Anfang September, als der Baum sich gerade in vollem Laube befand. Ich erfuhr aber später von HERRN DR. GAGE, dem Superintendenten des Königlichen Botanischen Gartens zu Sibpur bei Calcutta, dass es eine Abart des *P. Puddum* gibt, welche im Herbst zur Blüte kommt; er hat mir erst vor kurzem Blütenexemplare derselben geschickt. Ich werde auf diese im Herbst blühende Varietät später zurückkommen.

P. Puddum ist in Darjeeling auf Strassen, in Parks und Gärten viel angepflanzt; ich sah einige stattliche Exemplare mit einem dicken Stamm von ungefähr 15—20 m Höhe. In der Krone teilt sich der Stamm in zahlreiche schlanke Zweige, und so sah der Baum im Ganzen mehr nach *P. Pseudo-Cerasus* als nach *P. yedoensis*, MATSUM. aus. Die Rinde war wie bei diesen zwei Kirscharten durch weisse querlaufende Striche mit Ausbruch von braunen Lenticellen gekennzeichnet. Auf den grossen Stämmen und Zweigen wuchsen zahlreiche epiphytische Farne, Moose und Flechten.

Der junge Zweig war glatt und von einer graubräunlichen Farbe. Die Blätter sind elliptisch-oval, von dicker, derber Konsistenz und am Rande mit geradestehenden Zähnen versehen.

Unser Kirschbaum ist in WALLICH's „Plantae asiaticae rariores“ (London 1830—2) Vol. II. Taf. 143 illustriert¹⁾ und seine ausführliche Diagnose befindet sich in der „Flora of British India.“ Er kommt im temperierten östlichen Himalaya in einer Höhe von ungefähr 1000 bis 2400 m über dem Meeresspiegel wild vor und scheint in Bergwäldern in diesem Teile des Himalaya verbreitet zu sein.

Ich habe in Calcutta kein lebendes Exemplar gesehen und

1) HERR DR. GAGE war so freundlich mir eine genaue Kopie der Abbildung aus WALLICH's Werke zu senden, da dasselbe hier nicht vorhanden ist.

erfuhr von HERRN DR. GAGE, dass diesem Kirschbaum das heisse Klima der niederen Ebene von Ostindien nicht passt; er ist somit in kälteren Zonen einheimisch.

Ich will nun zur Variabilität unseres Kirschbaumes übergehen.

In HOOKER's Diagnose steht die Blütenfarbe „white to rose.“ Schon diese Angabe deutet darauf hin, dass die Blütenfarbe dieser Kirsche variiert wie es bei unserem *P. Pseudo-Cerasus* der Fall ist. Durch die Liebenswürdigkeit des HERRN DR. GAGE erhielt ich eine Farbenskala (No. 1—8) der Blüten, welche HERR KURATOR CAVE am Lloyd's Botanischen Garten zu Darjeeling nach seinen Beobachtungen von 150 Exemplaren der im Herbst blühenden Abart von *P. Puddum* gemacht hatte. HERR DR. GAGE schickte mir auch eine Kopie von HERRN CAVE's Notiz darüber. Die Skala zeigt deutlich, dass die Blütenfarbe zwischen einem sehr leichten Rot (fast weiss) und einem ziemlich gesättigten Rot variiert; aber, wie HERR CAVE bemerkt, war „a light rose pink“ am häufigsten anzutreffen, dagegen waren „the variants to a lighter or darker shade“ sehr selten. Er fand kein Exemplar mit rein weissen Blüten.

Was die Farbe junger Blätter anbetrifft, so ist sie nach der Notiz von HERRN CAVE rötlich; ob noch andere Farben als rot anzutreffen sind, wie bei unserem wildwachsenden *P. Pseudo-Cerasus*, habe ich bisher noch nicht erfahren können.

Wie gesagt, kommt in Darjeeling eine im Herbst blühende Abart vor; sie blüht Mitte Oktober, wie HERR CAVE in seiner Notiz schreibt, und sobald die Blüten ihre volle Entwicklungsstufe erreicht haben, verliert der Baum seine Blätter vollständig. Bald darauf erscheinen an den Enden der Zweige junge rote Blätter, die erst grün werden, wenn der Baum um die Mitte November ganz verblüht ist. Auf einer von HERRN DR. GAGE erhaltenen Photogra-

phie, welche in Lloyd's Botanischen Garten aufgenommen wurde, sind die sämtlichen Zweige eines grossen Baumes dicht mit Blüten besetzt, sodass das Ganze den Anschein unseres *P. yedoensis* in voller Blüte hat. Die im Frühjahr blühende Art erzeugt die Blüten und die jungen Blätter fast gleichzeitig im April, und diese gewöhnliche Art trifft man nach HERREN DR. GAGE und CAVE¹⁾ in niedrigeren Standorten an. Die im Herbst blühende Varietät scheint demnach ihre Entstehung dem klimatischen Einfluss zu verdanken. Ob zwischen diesen beiden Sorten des *P. Puddum* ausser der Blütezeit noch anderweitige nennenswerte Verschiedenheiten existieren, weiss ich nicht. Die Frucht des *P. Puddum* ist sehr charakteristisch, da sie eine elliptische Gestalt hat und sich durch ihre bedeutende Grösse auszeichnet.

Ich komme nun zur Betrachtung von *P. campanulata*, MAXIM. Diese Art wurde zuerst von MAXIMOWICZ beschrieben und nach der eigenartigen glockenförmigen Blütenkrone mit diesem Namen versehen (Fig. 6—8). Das Originalexemplar, welches MAXIMOWICZ untersuchte, stammte, wie er angibt, aus Osaka (Japan) und Fokin (China), und zweifelsohne lag ihm Pflanzenmaterial im Kulturzustande vor.³⁾

Abgesehen von der Blütenform ist diese Kirsche auch durch eine tiefe, gleichmässige rote Blütenfarbe, eine frühe Blütezeit (im Januar—Februar) und, wie ich später angeben werde, eine eigenartige Fruchtform ausgezeichnet. In Tokyo und anderen Gegen-

1) HERR CAVE sagt in seiner Notiz: "All the trees I found in flower (in my limited observation) were growing at an elevation of 5500' to 7000.' I could not find any or hear of any of those at 3000' —4000' flowering now" (October—November). "They flower in the spring....."

2) Dass diese Kirschart in China vorkommt, ist aus FORBES and HEMSLEYS Enumerations of all the plants known in China proper, etc. (Jour. Linn. Soc. London. Bot. Vol. XXIII. p. 218). zu erschen.

3) MATSUMURA, J. ET HAYATA, B. Enumeratio plantarum formosanarum. (Jour. Sci. Coll. Imp. Univ. Tokyo. Vol. XII. 1906. p. 117).

den Zentraljapans wird sie oft in Blumengärtnereien kultiviert; in Südjapan, z. B. in Kagoshima wird sie häufiger angepflanzt, da das mildere Klima besseres Gedeihen des Baumes im Freien gestattet. Als natürliche Standorte wurden bisher die Insel Oshima und der Loochoo Archipel angenommen; wie ich jedoch auf meiner Reise nach den Loochoo in 1903 erfuhr, befindet sich jetzt dieser Kirchbaum dort anscheinend nur im Kulturzustande, wenigstens kommt er in den niederen Ebenen dieser Inseln sicherlich nicht wild vor. In den Gebirgsgegenden Formosas ist er aber einheimisch²⁾ und nach einer mündlichen Mitteilung von HERRN DR. KUSANO, der im Winter 1908-9 eine Forschungsreise auf der Insel machte, fand er den Baum in Gebirgen auf einer Höhe von ungefähr 600 m über dem Meere. Der Kirschbaum befand sich im Februar in voller Blüte, deren tiefrote Farbe sehr hübsch aussah.¹⁾ Die Blätter waren in der Blütezeit noch nicht erschienen.²⁾

Ich erhielt durch die Güte von HERRN DR. KUSANO getrocknete Exemplare blütentragender Zweige, die ich nach der Form der Blüten untersuchte und kam zur Ueberzeugung, dass die Merkmale mit der Diagnose von MAXIMOWICZ in ihren Hauptzügen übereinstimmen.

HERR T. KAWAKAMI sandte mir freundlicherweise auch ein Herbarmaterial eines in der Stadt Taihoku (in Nordformosa) kultivierten Exemplars bei welchem die Blütenfarbe etwas blässer aussah.

MAXIMOWICZ erwähnt in seiner Diagnose nichts von der

1) HERR Y. TASHIRO teilte mir mündlich mit, dass der Kirschbaum im Nord- und Zentralgebirgen des Formosa in einer Höhe von 300—1000 m über dem Meeresspiegel wild zu finden ist. Er kann auch in tiefen Ebenen gedeihen, sogar auch in Kōshun (Südformosa). Der Baum erreicht eine Höhe von ungefähr 8—14 m und hat schief aufwärts stehende schlanke Zweige.

2) Die in Tokyo und Umgebung kultivierten Exemplare welche sich gewöhnlich als Topfpflanze in japanischen Gewächshäusern befinden, erzeugen Blüten und junge grüne Blätter zur selben Zeit vom Ende Februar bis Anfang März.

Frucht, die er seiner Zeit nicht bekommen konnte, da dieser Kirschbaum im kultivierten Zustande selten Früchte trägt.

Da aber die Form und Grösse der Frucht gerade ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal bilden, so war ich bestrebt mir das nötige Material zu verschaffen. Durch das liebenswürdige Entgegenkommen von HERRN PROFESSOR KAMIYA an der VII. Hochschule in Kagoshima war ich endlich im letzten Jahre im Stande einige in Formalin preservierte Fruchtexemplare zu untersuchen. Die Frucht ist gross, ja sogar viel grösser als die von *P. Pseudo-Cerasus* oder *P. yedoensis* und zeichnet sich dadurch aus, dass sie nicht elliptisch wie bei *P. Puddum*, (Fig. 4), sondern eine ausgeprägte konische Gestalt hat (Fig. 11). Die Messungen einer Anzahl reifer Früchte geben die durchschnittlichen Werte von 16 mm in der Länge und 11 mm in der Breite an.

Der Stein (Fig. 12) ist konisch-elliptisch, ungefähr 10–13 mm in der Länge und 8 mm in der Breite, und an der Oberfläche mit unregelmässigen Gruben versehen.

Somit weicht unser *P. campanulata* von *P. Puddum* hauptsächlich durch die Form der Frucht ab, und dieser Unterschied allein lässt die beiden Kirchbäume scharf von einander trennen.¹⁾ Um aber die Früchte beider Arten genauer zu vergleichen bat ich HERRN DR. GAGE mir das nötige Untersuchungsmaterial von *P. Puddum* zu senden, und durch seine Güte habe ich wiederholt zahlreiche Formalinexemplare von fruchttragenden Blütenzweigen dieses Kirschbaumes erhalten.

Durch dieses reichliche Material ermutigt, verglich ich die beiden Arten sowohl in Bezug auf ihre Früchte als auch auf ihre Blüten und als Resultat fand ich, wie erwartet, die Ansicht von Maximowicz völlig bestätigt, d. h. *P. campanulata* stellt eine

1) Die Früchte beider Arten weichen nicht nur im völlig ausgewachsenen Zustande von einander ab, sondern sind schon in ihren jüngeren Stadien deutlich von einander unterscheidbar.

besondere Art vor und kann nicht wie SCHNEIDER vermutet eine Kulturrasse von *P. Puddum* sein.

Um es besser zu veranschaulichen stelle ich in der folgenden Tabelle die Unterscheidungsmerkmale von *P. campanulata* und *P. Puddum* einander gegenüber.

	<i>Frunus campanulata</i> MAXIM.	<i>Frunus Puddum</i> ROXB.
Stamm.	mittelgrös.	grös.
Blatt.	zarter, mit nach oben gekrümmten, dicht gedrängt stehenden Randzähnen (Taf. II. Fig. 9.) Junges Blatt rot.	derber, mit geraden, weniger dicht stehenden Randzähnen (Fig. 2). Junges Blatt grün.
Blütenstiel.	kürzer und schmaler, 9–15 mm lang.	länger und dicker, 18–22 mm lang.
Blüten.	homogen tiefrot, deutlich glockenförmig; die Blütenweite ungefähr 15 cm (Fig. 6–8). Blütenstände: doldig.	fast weiss bis mässig rot, gewöhnlich aber leicht rot; die Blütenkrone mehr ausgebreitet, die Blütenweite ungefähr 25–30 cm (Fig. 1). Blütenstände: doldig—cymös.
Kelch.	rotbraun, schmal, röhrenförmig, mit aufrechten Zähnen; Kelchrohr 8–10 mm lang, Kelchzähne 2 mm lang und 2 mm breit (an der Basis).	grünlich braunrot; Kelchrohr breiter und angeschwollen, 10–12 mm lang, Kelchzähne 4 mm lang und 4 mm breit (an der Basis).
Blumenblatt.	rundlich-elliptisch, 10–12 mm lang, 6–8 mm breit, mit schmalerer laufender Nervatur. (Fig. 10).	länglich elliptisch, 12–15 mm lang, 10–12 mm breit, mit breiterer laufender Nervatur. (Fig. 3).
Frucht.	konisch, ungefähr 16 mm lang und 11 mm breit. (Fig. 11).	elliptisch, an zwei Seiten abgeflacht, ungefähr 15 mm lang und 12 mm breit, (Fig. 4).
Stein.	konisch-elliptisch 10–13 mm lang, 8 mm breit.	elliptisch, 12 mm lang, 8 mm breit.
Blütezeit.	Februar.	Februar, ¹⁾ (in höheren Regionen, gibt es eine im Oktober–November blühende Abart).
Standort.	subtropisch.	temperiert.

1) Nach der brieflichen Mitteilung von HERRN DR. GAGE dauert die Blütezeit vom Ende Januar bis Ende Februar.

Man ersieht hieraus, dass das hauptsächlichste Unterscheidungsmerkmal dieser zwei Arten in der Gestalt der Frucht liegt, obgleich alle anderen Differenzen auch mehr oder weniger von Wichtigkeit sein können. Einen analogen Fall begegnet man auch bei dem Unterschiede zwischen *Prunus Padus*, und *P. nepalensis*, die sich, wie HOOKER¹⁾ angibt, nur durch die Grösse der Frucht von einander deutlich isolieren lassen. Ich habe auch die Blüte und Früchte von *P. nepalensis* die ich HERRN DR. GAGE verdanke, näher untersucht und mit dem in Nordjapan (im Hokkaidō) vorkommenden *P. Padus* verglichen und finde HOOKERS Angabe vollkommen bestätigt. Die Frucht der ersteren ist fast rund und recht gross (ungefähr 15 mm im Durchmesser), während die der letzteren rund und klein (ungefähr 10 mm) ist.

Ausser dem vorher erwähnten Unterschied zwischen *P. campanulata* und *P. Puddum* gibt es noch andere Differenzen, wie z. B. die Form und der Farbenton der Blüten, die Farbe der jungen Blätter, das Standortsverhältnis, u.a., die zum Trennen dieser zwei Arten dienen.

Ferner, ist bei unserem *P. campanulata* keine deutliche Varietät in Bezug auf Blütenfarbe und Blütezeit bisher bekannt, während *P. Puddum* schon in seinem wilden Standorte auffallende Farbenänderungen zeigte. In dieser Hinsicht und auch in der Form und Grösse der Blüten nähert sich *P. Puddum* mehr unserem *P. Pseudo-Cerasus*²⁾ als *P. campanulata*.

Hier möchte ich bemerken, dass die unter dem Namen „Kansakura“ (Winterkirsche)³⁾ in unseren Gärtnereien, besonders

1) HOOKER, p. 316.

2) Vergl. HOOKER, l.c. und auch GRAY, A. Botanical Memoirs. 1859. p. 336.

3) Diese Sorte nenne ich wegen der weissen oder nur leicht rosafarbigten Blüten „Shirokansakura“ (Weisse Winterkirsche) im Gegensatz zu „Hikansakura“ (rote Winterkirsche).

in Tokyo bekannte Sorte, welche kleine, mehr oder weniger glockenförmige Blüten von weisser bis leicht buntroter Blütenfarbe hat, zu einer ganz anderen Art gehört und nichts mit dem *P. campanulata* zu tun hat. Diese Kultursorte hat MAKINO¹⁾ kürzlich unter dem Namen *Prunus pseudo-Cerasus* LINDL. a. *Yamasakura* (SIEB.) MAKINO, a. *glabra* MAKINO, *forma praecox* MAKINO beschrieben; die Herkunft dieser nur in Gärten vorkommenden Form ist noch nicht erforscht.

Zum Schluss dieser Arbeit fühle ich mich verpflichtet HERRN DR. GAGE für seine grosse Liebenswürdigkeit, dass er mir wiederholt Untersuchungsmaterial zusandte, meinen herzlichen Dank auszusprechen.

III.

Ueber einige Blattanomalien.

Teratologische Erscheinungen bei tropischen Gewächsen kommen häufig vor und sind in der Literatur oft erwähnt. Als ein neuestes Beispiel sei auf eine in einem Privatgarten in Buitenzorg stattgefundene merkwürdige Missbildung der Cocosfrüchte²⁾ hingewiesen, auf die HERR DR. BERNARD so freundlich war mich aufmerksam zu machen. Anderweitige Angaben der Anomalien tropischer Pflanzen findet man z.B. in der kürzlich erschienenen Arbeit von COSTERUS und SMITH.³⁾

1) MAKINO, T. Observations on the Flora of Japan. (The Botanical Magazine. Tokyo. Vol. XXII. 1908. p. 113).

2) Vergl. SMITH, J. J. Een merkwaardige Klapper. (Teysmannia. 1903).

3) COSTERUS, J.C. and SMITH, J.J. Studies in tropical teratology. (Ann. d. Jard. Bot. d. Buitenzorg. Ser. II. Vol. VIII. part I. 1909). Vergl. auch die früheren Mitteilungen derselben Autoren.

Was mich aber besonders interessierte, waren zwei auffallende Fälle der Blattanomalie, die mir HERR DR. GAGE im Botanischen Garten zu Sibpur bei Calcutta zu zeigen mit Güte hatte.

Der eine Fall ist das Tütenblatt von *Ficus Krishnae*, C.DC.¹⁾

Der Stamm dieses Baumes war, als ich ihn sah, noch klein; übertraf kaum Manneshöhe und war mit dicken, derben, an der Unterseite mit Sammethaaren bekleideten Blättern versehen. Jedes Blatt bildete an der Basis eine tütenförmige Senkung, die dem Aussehen nach den bisher bekannten Tütenblättern ähnlich sieht.²⁾ Von den letzteren und auch den Kannenblättern von *Nepenthes*, den Löffelblättern von *Codiaeum variegatum*, den hülsenähnlichen Blättern von *Dischidia Rafflesiana*, u.a. weicht unser Objekt dadurch ab, dass die Aussenseite der tütenförmigen Höhlung von der oberen Blattfläche und die Innenseite von der unteren Blattfläche gebildet sind, während bei gewöhnlichen Ascidien und den eben erwähnten umgeformten Blättern es gerade umgekehrt ist. Die eigentümliche Tütenform kam, wie in anderen ähnlichen Fällen, durch die ungleichmässige Wachstumsstärke der gewissen Teile der Blattfläche zu Stande und zwar bei unserem Objekte dadurch, dass der basale Teil der Lamina an der Aussenfläche mässig stark auswuchs und inwendig eine sackartige Höhle bildete.

Am auffälligsten schien es mir, dass die Missbildung bei sämtlichen Blättern auftrat, obgleich in Bezug auf den Grad der Sackbildung ein gewisser Unterschied existierte. Wahrscheinlich handelt es sich nicht um eine fluktuierende Variation, sondern muss durch Mutation mit einem Schlag zu Tage getreten sein.

1) DE CANDOLLE, C. Nouvelle étude des hypoascidies de *Ficus*. (Bull. d.l.' Herb. Boiss 1902. p. 753); PRAIN, D. *Ficus Krishnae* (CURTIS Botanical Magazine. Vol. CXXXII. t. 8092. 1906).

2) Hierüber vergl. die teratologischen Werke von MASTERS, PENZIG, u.a. Vergl. auch DE VRIES, H. die Mutationstheorie. Bd I. 1901. p. 328.

PRAIN¹⁾ gibt in seiner Beschreibung des *F. Krishnae* die Geschichte des Baumes mit einer schönen Abbildung. Der Baum, der jetzt im Botanischen Garten zu Sibpur steht, wurde vor mehr als zehn Jahren in Form eines abgeschnittenen Zweiges als Geschenk erworben und mittelst Stecklingen vermehrt. Die in Calcutta stehenden, sowie nach Kew Gardens und Genf geschickten Exemplare kamen, wie PRAIN berichtet, bereits zur Bildung der Receptacula.

Der Ursprung von *F. Krishnae* ist völlig im Dunkel. Weder die Mutterpflanze noch der Entstehungsort sind bekannt, doch scheint diese Art, wie PRAIN und DE CANDOLLE gezeigt haben, dem *Ficus bengalensis* am nächsten zu stehen; unsere Pflanze unterscheidet sich aber von ihm durch eine Anzahl Merkmale.

Wodurch sind nun die Blätter des *F. Krishnae* zur Ascidienbildung gekommen? Was für ein Nutzen bringt ein Tütenblatt dem Baume? Bei *Nepenthes* oder *Dischidia* dienen die umgeformten Blätter bekanntlich zum Insektenfange resp. Wasser- und Humussammeln, was aber bei unserem Objekte kaum denkbar ist. Freilich kann ein ausgebildete Tütenblatt in der aufrechten Stellung ungefähr 20ccm Wasser in der Höhlung halten, aber in der Normallage des Blattes ist dies nicht der Fall. Ueberdies passt das Blatt schon durch die Lage der Höhlung, die auf der Unterseite der Lamina sich befindet nicht zur Regensammlung und auch die Unbenetzbarkeit der mit Sammethaaren dicht bekleideten Blattunterseite, welche gerade die Innenfläche der Höhlung bildet, erschwert das Aufsaugen des Wassers von der Blattfläche.

Diese und andere Tatsachen machen irgend eine biologische Bedeutung des Tütenblattes von *F. Krishnae* unbegreiflich, und es

1) PRAIN, l. c.

lässt sich nur annehmen, dass es eine zwecklose Missgestaltung ist, wie man z.B. bei dem Löffelblatt von *Codiaeum variegatum* trifft.

Obleich ich keine weitere Auskunft über unsere Pflanze erhalten konnte, halte ich es für einen durch Mutation entstandenen sehr merkwürdigen Fall der Ascidienbildung des Blattorgans. Wie bekannt sind teratologische Merkmale mehr oder weniger erblich, insbesondere die, welche ihren Ursprung der Mutation verdanken. Eine weitere Untersuchung des Baumes in dieser Beziehung wäre sehr erwünscht, um durch dieselbe den Grad des erblichen Vermögens zu prüfen.

Das zweite ebenso interessante Objekt ist eine heterophylle Varietät von *Sterculia alata*, ROXB.

Die Blätter dieser Varietät sind gross und zeichnen sich durch ihre höchst unregelmässige Gestalt aus, die in der Tat jeder Beschreibung spottet.¹ Ich verweise daher auf eine Auswahl der Blattformen auf Taf. III, Fig. 2-14. Wie man aus den Abbildungen ersieht, haben die Blätter den Anschein als ob sie von Raupen angefressen wären. Ich habe die Form einer grossen Anzahl Blätter verglichen und fand, dass kein Blatt dem anderen glich.

Im Botanischen Garten zu Sibpur steht ausser der heterophyllen Varietät auch ihre Stammart,²⁾ die in Nepal einheimisch ist.³⁾ Die letztere erreicht eine bedeutende Grösse und hat grosse, elliptische, am oberen Ende geschmälte Blätter (Fig. I), eine etwaige Unregelmässigkeit der Blattgestalt konnte ich hier nicht bemerken.

Heterophyllie fehlt nicht bei Garten- und Gewächspflanzen, wie z. B. bei den Spielarten von *Croton*, doch habe ich bisher

1) Mit dem Unregelmässigwerden der Blattform verschwinden oft die grossen Seitennerven, die in der normalen Blattform deutlich ausgebildet sind.

2) A Guide to the Royal Botanic Garden, Calcutta, 1902. p. 10 u. 22.

3) Sie kommt auch in Koromandelgegend, Burma, Cochinchina u.a. vor.

keinen so eklatanten Fall getroffen, wie den oben erwähnten. Die Grösse der Blätter, die auf einem grossen Stamme ansitzen, macht die Erscheinung um so deutlicher.

Die Ursache dieser mysteriösen Blattform kennt man ebenso wenig wie die der Tütenblätter von *Ficus Krishnae*. Vielleicht dürfte diese Abart auch durch Mutation entstanden sein; die Entscheidung der Annahme ist aber nur durch experimentelle Studien möglich.¹⁾

IV.

Ueber die Vegetationsphysiognomie des Waldes im Himalaya.

Ein jeder der nach Ostindien kommt und von einer Hafenstadt zum Fusse des Himalaya reist, wird über die ungeheure Ausdehnung des Flachlandes erstaunt sein, welches sich nur durch sanfte, hügelartige Erhebungen unterbrochen, bis zur Aussenmauer des mächtigen Gebirges erstreckt. Die Reisenden von Calcutta nach Darjeeling müssen z. B. ungefähr zehn Stunden mit der Eisenbahn fahren, ehe sie die blauen Bergketten in der weiten Ferne nach Norden erblicken.

Auf die Touristen, die vor der tropischen Hitze fliehen um sich in der kühlen Bergluft zu erholen, macht die Ansicht der Berge einen grossen Eindruck. Noch mehr wird aber ein fremder Botaniker, der zum ersten Mal die Physiognomie eines grossartigen tropischen Berglandes erblickt, darüber entzückt sein. Ihn

1) Mir ist nicht bekannt, dass eine Mitteilung über unsere hochinteressante Pflanze bereits erschienen ist.

wird es sehr interessieren, wenn er beobachtet, dass die Vegetation sich der zunehmenden Höhe mit von einer tropischen zur subtropischen, dann temperierten und schliesslich arktischen allmählich ändert.

Freilich fehlt eine derartige zonale Aenderung der Vegetation auf keinem hohen Gebirge in den Tropen, z. B. dem Kilimandscharo in Westafrika, den Anden in Südamerika. Der Himalaya ist aber für uns von grösserem Interesse, weil, er durch die klassischen Forschungen von J. D. HOOKER und durch die Arbeiten anderer Botaniker in floristischer Hinsicht gut bekannt geworden ist, und ferner auch, weil die dortige Flora, wie ENGLER¹⁾ und andere in neuerer Zeit hervorgehoben haben, wichtige Beziehungen zur Flora Ostasiens hat.

Wer sich mit dem Studium der Flora von Japan beschäftigt und in das Problem über den Ursprung jetztiger Florenelemente in Ostasien vertieft ist, wird sich beim Besuch des Himalaya für den Befund gleichartiger oder nahe verwandter Pflanzen auf verschiedenen Höhen ungemein interessieren, und den genetischen Zusammenhang der Florencharaktere beider Gegenden aus eigener Beobachtung bestätigt finden.

Dies war der erste Gedanke, der mir auf der Reise auftauchte. Andererseits wollte ich die grossartige Vegetationsphysiognomie des Himalaya insbesondere die der Wälder am Fusse des Gebirges vom biologischen Standpunkte aus betrachten, denn gerade derartige Studien sind meines Wissens bisher noch nicht gemacht worden.²⁾

1) ENGLER, A. Versuch einer Entwicklungsgeschichte der extratropischen Florengebiete der nördlichen Hemisphäre. 1879. p. 120. Siehe auch den in japanischer Sprache verfassten Aufsatz von Iro, T., Ueber die Verwandtschaft der Pflanzenarten von Himalaya und Japan " in der Toyōgakugei Zasshi. Bd. XX. No. 236. 1903. p. 457.

2) Vergl. SCHIMPER, A. F. W. Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage. 1893. p. 786.

Unter vielen auffallenden Erscheinungen des Pflanzenlebens im Waldinnern habe ich mich besonders über den üppigen Wuchs von Lianen und ähnlichen Gewächsen gewundert, die samt zahlreichen Epiphyten jedem Baume, den sie umklammern und an dem sie liegen, ein höchst wirres Aussehen verleihen. Schon am Saume des Bergwaldes konnte ich es bemerken, obgleich nicht in einem starken Grade, aber beim tieferen Eindringen in den Wald wurde die Erscheinung immer auffälliger. Ausser zahlreichen, grossen Schlingpflanzen unterschied ich vor allem schön blühende *Ipomoea*-Arten (*I. hederacea*, JACQ. und andere), die hoch auf den Baumstämmen heraufkletterten; ich sah auch eine kletternde *Acacia*-Art (*A. Intsia*, WILLD. ?), die an einen andern stattlichen Baumstamm angelehnt lag und mit langgestreckten, dicht beblätterten, gelbe Blüten tragenden Zweigen die Krone ihres Stützbaumes beinahe bedeckte. Einige Arten von *Cissus*, deren äusserst lange schnurartige Luftwurzeln senkrecht herabhängen, erreichten auch die höchsten Gipfel der Baumstämmen. Rotangpalmen, *Freyinetia* und baumkletternde Aroideen waren auch durch mehrere Arten vertreten; die letzteren sandten lange Luftwurzeln abwärts und umklammerten mit ihren dicken lateralen Wurzeln die dicken Stämme ihrer Stützbäume.

Ausser echten Epiphyten vegetierten auf einigen Baumstämmen auch gewöhnliche Baum- und Straucharten, deren Samen oder junge Pflänzchen wohl nur zufällig durch Vögel und andere Tiere oder den Wind mitgebracht waren. So sah ich z. B. eine *Ficus*-Art, welche ursprünglich an der Verzweigungsstelle eines Baumastes Wurzel geschlagen hatte und durch nachheriges Wachstum des Stammes und Ausbildung dicker Luftwurzeln mit dem Wirtbaume eine Art Zwilling bildete.

Wegen des Reichtums der Lianen¹⁾ und anderer eine ähnliche Lebensweise führenden Raumparasiten lenken die kleineren Epiphyten, die massenhaft an den Baumstämmen sitzen, kaum die Aufmerksamkeit des Zuschauers auf sich. Nur treten grossblättrige Farne, zierliche Baumorchideen, gewisse Parasiten wie *Viscum*, *Loranthus* u. a. aus dem dichten Laube hervor.²⁾ Eine erschöpfende Aufzählung aller Pflanzenarten, selbst nur auf einem einzigen Baumstamme, war mir nicht möglich, wegen der grossen Höhe der Stämme und auch wegen des verwirrenden Durcheinanderwachsens des Laubwerkes; jedoch schätzte ich die Zahl mit Ausschluss der kleinen Epiphyten in den meisten Fällen kaum unter zehn. Ja, es war schwer einen Baumstamm zu finden, welcher absolut frei von Lianen und grösseren Epiphyten war.

Weitaus auffallender scheint es, wenn man die Baumkronen eines solchen Waldes von weitem ansieht. Dies habe ich gerade auf dem Wege zwischen den Bahnstationen Rungtong und Tindharia getan. Das prachtvolle Panorama der Bergwälder stand nun vor meinen Augen, und die Dichtigkeit und die Ausdehnung der Waldansicht habe ich wirklich bewundert. Trotzdem dass die Entfernung nicht bedeutend war, trat die eigene Form einzelner Bäume nicht scharf hervor; die Baumkronen erschienen wie lauter Laubsäulen oder vielmehr Laubhaufen, die den in Gärten öfters erzielten künstlichen Baumformen nicht unähnlich waren.

Dies eigenartige verwobene Aussehen war, wie oben gesagt, durch den üppigen Lianenwuchs verursacht. Das gebildete Laub-

1) Ueber die Arten und Lebensweise der Lianen im brasilischen Walde siehe das bekannte Werk von SCHENCK, H. Beiträge zur Biologie und Anatomie der Lianen, u. s. w. I. Teil. Zur Biologie des Lianen. 1892. Betreffs der Physiognomie javanischer Urwälder vergl. DETMER, l. c. p. 70.

2) Es fiel mir auf inmitten des dicht bewachsenen Waldludens vollblühende *Costus speciosus* Sm. zu sehen. Die grossen, tief braunroten Blüten zogen die Aufmerksamkeit aller Reisenden an.

gewand versteckte die eigene Laubkrone des Stammes, und machte das Erkennen der Baumarten nach der Verzweigungsform ganz unmöglich. Zerstreut in dieser homogenen Baummasse traten hier und da Baumfarne, Bergbananen, Palmen, Pandaneen, Bambuse u. a., die fast frei von Schlingpflanzen waren, durch ihre eigenen Wuchsformen scharf hervor. Ich habe auf meiner Tropenreise die Urwaldansichten in verschiedenen Gegenden beobachtet, aber nirgends habe ich solch einen grossartigen Gesamteffekt der Waldphysiognomie gesehen als in den eben geschilderten unteren Abhängen des Himalaya. Dies beruht zweifellos auf dem Artenreichtum der Lianen und auch in der grossen Menge der atmosphärischen Niederschläge.

Es ist eine bisher viel verbreitete Meinung, dass Lianen, Epiphyten und dergleichen nur Raumparasiten sind und keinen merklichen Schaden auf den Wirtspflanzen ausüben. Dies ist aber in der Tat nicht immer der Fall. Schon in Japan, welches verhältnismässig viele Arten von Lianen besitzt, habe ich oft in Gebirgen beobachtet, dass grosse Schling- und Kletterpflanzen auf das Leben der Waldbäume vielfach eine nachteilige Wirkung haben. Weit deutlicher tritt ein derartiger schädigender Effekt in den Tropen zu Tage. Im Himalaya und auf Java traf ich oft Waldbäume, die durch Lianen stark beeinträchtigt waren, und zwar derart, dass sie nicht nur durch festes Umklammern die Wirtspflanze vom Wachstum an der betreffenden Stellen hinderten, sondern auch durch das Umkleiden der Baumkrone die Assimilationstätigkeit des Laubes unterdrückten. Derartig leidende Bäume sahen stets schwach und kränklich aus. Ferner bieten der ungenügende Lichtzutritt, die übermässige Feuchtigkeit und andere ungünstige Bedingungen, unter denen die Wirtspflanzen infolge der Raumparasiten leiden, echten Schmarotzern (Pilze und

Bakterien) Gelegenheit zu Infektion. Wie ich erfuhr, leiden tropische Waldbäume mehr von Raumparasiten als von echten parasitischen Organismen, denen der grösste und stärkste Waldriese durch den unaufhörlichen Kampf ums Dasein schliesslich zum Opfer fällt.

Ich verzichte auf eine weitere Schilderung der sowohl in biologischer als auch pflanzengeographischer Hinsicht hoch interessanten Vegetation des Himalaya, nur möchte ich ausdrücklich erwähnen, dass je höher ich auf das Gebirge stieg von etwa 1500 m über dem Meeresspiegel aufwärts desto mehr ähnelte die Vegetation der von Japan.¹⁾ Und in einer Höhe von ungefähr 2400 m, in der Darjeeling liegt, kamen die den temperierten Ländern Ostasiens charakteristischen Baum- und Krautgattungen vor, z. B. *Acer*, *Quercus*, *Juglans*, *Betula*, *Magnolia*, *Hydrangia*, *Rubus*, *Hypericum*, *Artemisia*, u. a., die mich unwillkürlich an die Vegetation eines Bergwaldes von Zentraljapan erinnerten.²⁾

Zu meiner Ueberraschung sah ich die *Cryptomeria japonica*, DON., einen im unserer Landschaft so wichtigen und charakteristischen Baum in und um Darjeeling massenhaft angepflanzt stehen. Dies machte die oben erwähnte Aenlichkeit der Vegetationsansicht noch stärker. Das Klima von Darjeeling passt dem Baume gut,³⁾ denn er zeigte überall einen starken Wuchs und hatte bereits eine grosse Höhe.⁴⁾ Die dunkle Laubfarbe und

1) Ueber die Verbreitung der charakteristischen Pflanzen vom Himalaya in Bezug auf Höhe siehe HOOKER, J. D. *Himalayan Journals*. Reprinted in 1905. p. 97.

2) Darjeeling liegt ungefähr 900 m höher als Chuzenji (Nikko), hat aber ein wärmeres Winterklima als dieser Ort. (Durchschnittliche Maximum-Temperatur von Darjeeling im Juli 67° F. und durchschnittliche Minimum-Temperatur im Februar 33° F. NEWMAN'S Guide to Darjeeling. 1900. p. 26)

3) *Cryptomeria japonica* gedeiht in Chujenji (ungefähr 1460 m. über das Meer) nicht gut wegen des kalten Winterklimas.

4) Auf der Baumrinde der japanischen *Cryptomeria* vegetiert eine kleine pulverige Flechte, *Lecidea pulverulenta*, MUELL. ARG., die einen charakteristischen grauweissen Ausschlag bildet. Es interessierte mich ganz dieselbe Flechte auch auf den in Himalaya stehenden Exemplaren dieses Baumes zu finden.

konische Stammform der *Cryptomeria* gibt der dortigen Berglandschaft einen eigenartigen Reiz, besonders wenn man den weissen Gipfel des 9400 m hohen Kinchinjanga im Hintergrund sieht.

Tokyo, im Februar 1910.

INHALT.

	Seite
I. Studien über tropische Laubblätter.	1
I. Form	2
II. Rand	3
III. Grösse und Zahl	8
IV. Konsistenz und Bau	10
V. Glanz	14
VI. Lage	15
VII. Laubperiodizität	18
VIII. Benetzbarkeit	21
Rücklick und Schluss.	30
II. Die Variabilität von <i>Prunus Puddum</i> , MAXIM. und seine Unterscheidungsmerkmale von <i>Prunus campanulata</i> , BOXB. ...	33
III. Ueber einige Blattanomalien.	41
IV. Ueber die Vegetationsphysiognomie des Waldes im Himalaya...	45

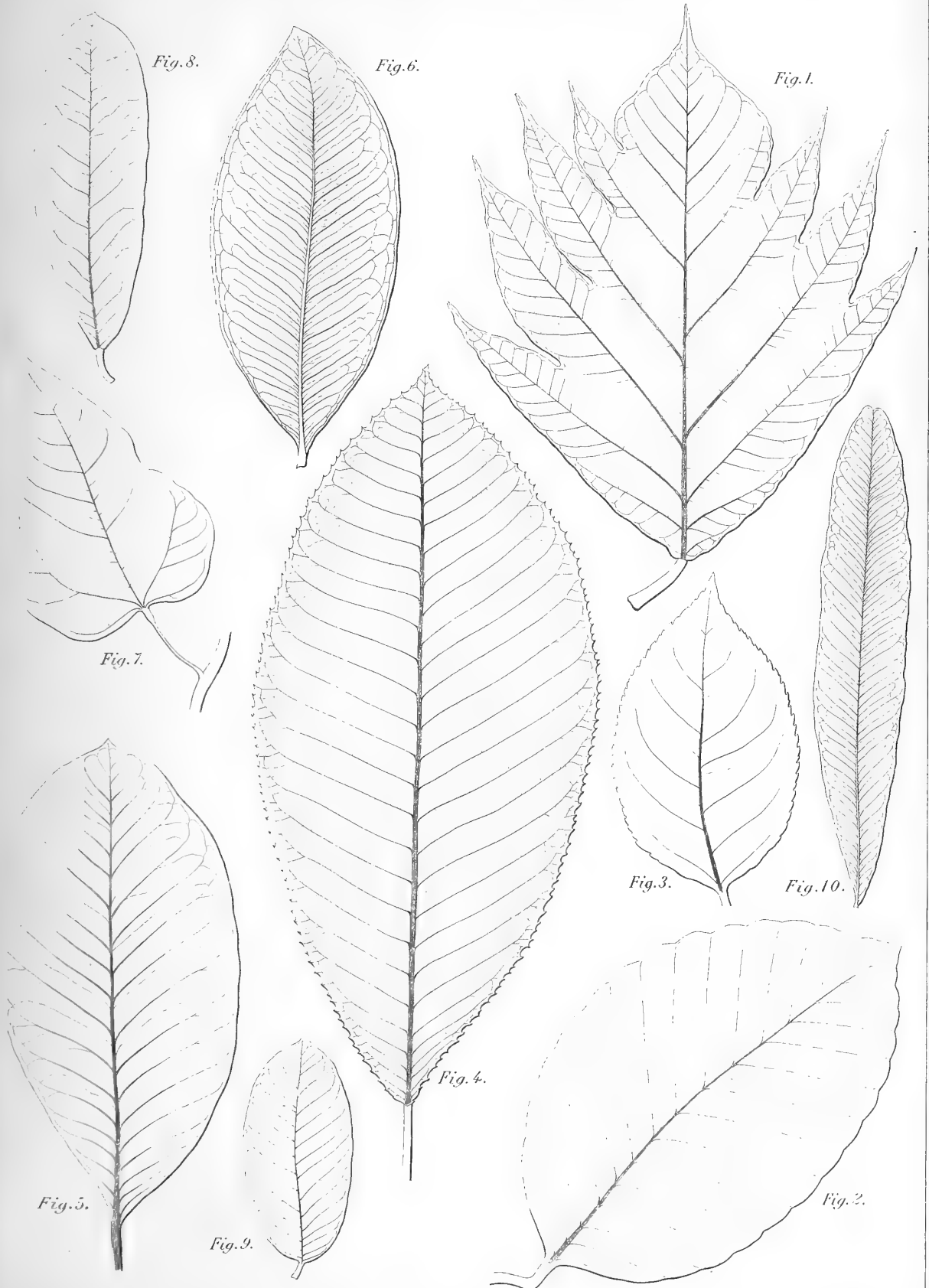
M. MIYOSHI.

BOTANISCHE STUDIEN AUS DEN TROPEN.

TAFEL I.

Erklärung der Tafel I.

- Fig. 1.** Ein tiefgeteiltes Blatt von *Artocarpus incisa*, L. f. ($\frac{1}{4}$).
Fig. 2. Ein sinuöses Blatt von *Dipterocarpus trinervius*, BL. var. *elegans*, ($\frac{3}{5}$).
Fig. 3. Ein gezähntes Blättchen von *Bischofia javanica*, BL. ($\frac{1}{2}$).
Fig. 4. Ein leichtgezähntes Blatt von *Wormia pteropoda*, M. ($\frac{1}{4}$).
Fig. 5. Ein Blatt von *Isonandra* sp. ($\frac{1}{2}$).
Fig. 6. Ein Blatt von *Garcinia Mangostana*, L. ($\frac{1}{2}$).
Fig. 7. Ein Blatt von *Bixa Orellana*, L. mit einem zweiten Gelenk am oberen Ende des Blattstiels. ($\frac{1}{2}$).
Fig. 8. Ein Blatt von *Brexia serrata*, BREST. ($\frac{1}{2}$).
Fig. 9. Ein Blatt von *Psidium araca*, REDDI. ($\frac{1}{2}$).
Fig. 10. Ein Blättchen von *Filicium decipiens*, THW. ($\frac{1}{2}$).



M. MIYOSHI.

BOTANISCHE STUDIEN AUS DEN TROPEN.

TAFEL II.

Erklärung der Tafel II.

Fig. 1-5 (natürliche Grösse).

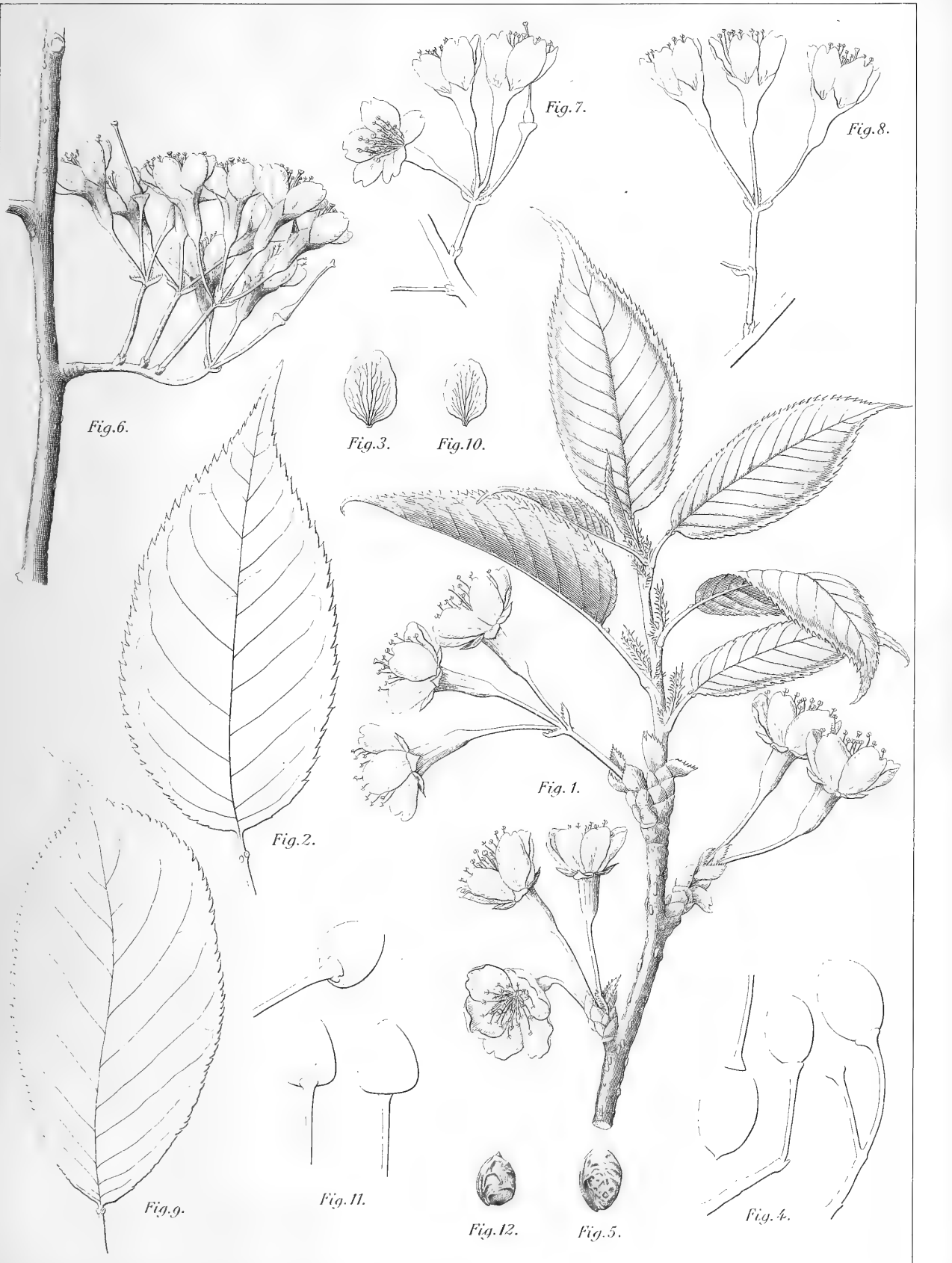
Prunus Puddum, ROXB.

- Fig. 1.** Ein Zweig des im Frühjahr blühenden Exemplars mit Blüten und jungen Blättern.
- Fig. 2.** Ein ausgewachsenes Blatt.
- Fig. 3.** Ein Blumenblatt.
- Fig. 4.** Reife Früchte.
- Fig. 5.** Stein.

Fig. 6-12 (natürliche Grösse).

Prunus campanulata, MAXIM.

- Fig. 6. 7. 8.** Inflorescenzen.
- Fig. 9.** Ein ausgewachsenes Blatt.
- Fig. 10.** Ein Blumenblatt.
- Fig. 11.** Reife Früchte.
- Fig. 12.** Stein.



M. MIYOSHI.

BOTANISCHE STUDIEN AUS DEN TROPEN.

TAFEL III.

Erklärung der Tafel III.

Fig. 1. Ein Blatt der Stammart von *Sterculia alata*, ROXB. ($\frac{1}{4}$).

Fig. 2-14. Verschiedene Blattformen der heterophyllen Abart von *Sterculia alata*, ROXB. (ungefähr $\frac{1}{4}$).



Vol. XXVIII., Art. 1, published June 1910.

Price in Tokyo, . . . Yen 1.00.

This Journal is on sale at

Z. P. MARUYA & Co., Ltd.

TORI SANHOME, NIHONBASHI, TOKYO.

GEISER & GILBERT.

KAJICHO 23, TOKYO. MAINSTREET 52, YOKOHAMA.

R. FRIEDLANDER & SOHN,

CARLSTRASSE 11, BERLIN N. W.

明治四十三年六月十日印刷
明治四十三年六月十三日發行

編輯兼發行者 東京帝國大學

印刷者

東京市日本橋區兜町二番地

神谷 岩次郎

印刷所

東京市日本橋區兜町二番地

東京印刷株式會社

賣捌所

東京市日本橋區通三丁目十四番地

丸善株式會社書店

NOTICE



Vol. XXVIII. Articles already published :—

Art. 1. M. MIYOSHI:—*Botanische Studien aus den Tropen. Hierzu 3 Tafeln.*
Publ. June 13th, 1910.



PRINTED BY THE TOKYO PRINTING CO., LTD.

July 12th, 1910.

Vol. XXVIII., Art. 2.

東京帝國大學
理 科 大 學 紀 要

第 貳 拾 八 冊 第 貳 編

JOURNAL
OF THE
COLLEGE OF SCIENCE,
IMPERIAL UNIVERSITY OF TOKYO.

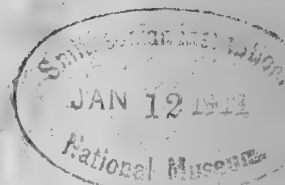
T. SUZUKI:

The Change of Cobaltous into Cobaltic Nitrite.

TOKYO.

PUBLISHED BY THE UNIVERSITY.

MEIJI XLIII.



Publishing Committee.



Prof. **J. Sakurai**, *LL. D.*, *Rigakuhakushi*, Director of the College, (*ex officio*).

Prof. **I. Ijima**, *Ph. D.*, *Rigakuhakushi*.

Prof. **F. Ōmori**, *Rigakuhakushi*.

Prof. **S. Watasé**, *Ph. D.*, *Rigakuhakushi*.



All communication relating to this Journal should be addressed to the
Director of the College of Science.

The Change of Cobaltous into Cobaltic Nitrite.

By

Tsuneo Suzuki, *Rigakushi*.

College of Science, Imperial University, Tokyo.

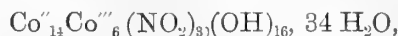
Very little is known of what happens to cobaltous nitrite when it is produced in solution in the absence of acids or dissolved salts. In 1860 the Swedish chemist, LANG, published the fact that such a solution of cobaltous nitrite left on evaporation blackish brown crystals of highly basic cobaltic nitrite (*K. S. Vet. Akad. Handl.*, 1860; *Pogg. Ann.*, 1863, **118**, 282). According to HAMPE (*Annalen*, 1863, **125**, 343), the red saline mass, thus obtained, contains cobaltous as well as cobaltic nitrite. Neither LANG nor HAMPE gave quantitative results.

In order to get LANG's crystals, precipitated calcium carbonate suspended in a very little water was dissolved up by passing in nitrous gases, cobalt sulphate in equivalent quantity was added, and the calcium sulphate filtered off. LANG and HAMPE both used barium nitrite, but the difficulty of separating barium sulphate, when precipitated from a cold neutral solution, made the use of calcium nitrite be preferred in the present research. The filtrate from the calcium sulphate was evaporated almost to dryness in a vacuum desiccator at a temperature of 30° and the

residue treated with a little water, filtered from some calcium sulphate, and left in the desiccator again to crystallise. The salt is too changeable to be safely recrystallised. It forms small very dark red crystals, very soluble in water, and remarkable for being alkaline to litmus.

To analyse the salt, the cobalt was precipitated as cobaltous ammonium phosphate and weighed as cobaltous pyrophosphate (DIRVELL and CLARKE's process as given in DITTMAR's *Quantitative Analysis*, p. 309). The little cobalt left in solution was obtained by adding a drop of ammonium sulphide, and burning the cobalt sulphide to the black oxide, Co_3O_4 . The cobaltic cobalt in the salt was separately determined by digesting the salt with a concentrated warm solution of sodium carbonate and treating the residue twice with fresh sodium carbonate, the last time bringing the whole to boiling. The washed residue was dissolved in dilute hydrochloric acid holding potassium iodide in solution and the cobalticum estimated iodometrically. The nitrite of the salt, which had been converted by the sodium carbonate into sodium nitrite, was estimated by the permanganate method.

The results of analysis are expressed by the formula,



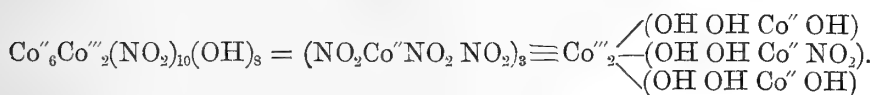
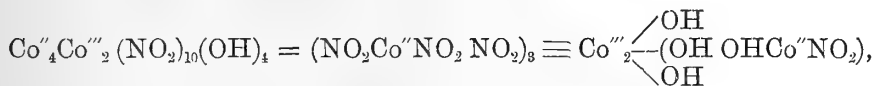
in which $\text{Co}:\text{N}=2:3$ and the ratio of the valencies of the cobalt to those of the nitrogen atoms are as slightly more than $3:2$. The tabulated percentage numbers are—total cobalt, * f. 34.13, c. 34.26; cobaltic cobalt, f. 10.42, c. 10.28; nitrogen, f. 12.31, c. 12.21.

The formula calculated for the salt is resolvable into



* The letters, "f." and "c." stand for "found" and "calculated."

and in other similar ways from what is known of cobaltic and other allied compounds, these constituent salts may have their formulæ expanded into the following, as probably accurate expressions of their constitution :

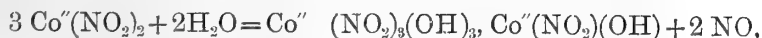


It is unnecessary to add to these formulæ the complex one for the crystalline salt as compounded of them. The apposition in them of NO_2 with NO_2 and of OH with OH serves to express, without pretending to explain, the pairing of acidic components so characteristic of such double salts as nitrites and cyanides. The NO_2 and OH groups next on either side to the Co'''_2 group represent, together with it, hemihydroxycobaltic nitrite, $(\text{NO}_2)_3\text{Co}'''_2(\text{OH})_3$, existent probably, only in combination as a double nitrite. Cobaltous nitrite and hydroxynitrite are similarly displayed in these formulæ.

The self-conversion of cobaltous nitrite into cobaltic nitrite, merely, would be shown by the equation,



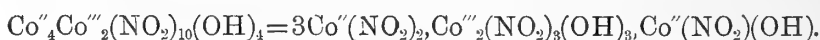
did all the cobalt nitrite ever become cobaltic, instead of but little more than one-third of it. As, however, the whole of the cobalt nitrite undoubtedly takes part in the change, this fact must be presented in the equation framed to express the conversion. This equation will be more readily followed by prefacing it with another, showing part of the change :



from which it will be seen that two cobalt atoms, in becoming cobaltic, pair together and lose only one nitroxyl group, the third cobalt atom remaining cobaltous, though also losing a nitroxyl group. The equation of the actual change is



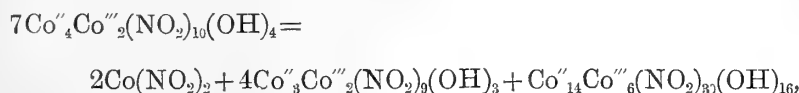
in which



That is, six molecules of cobalt nitrite become united, half of them unaltered and the other three, with loss of 2NO and acquisition of 2H₂O, as cobaltic and cobaltous hemihydroxy-nitrites. This condensation of the six molecules into a complex happens without any union taking place of the atoms of cobalt with each other through the agency of their ordinary valencies, which are, it will be seen, used up in the union of the cobalt with nitroxyl and hydroxyl atoms.

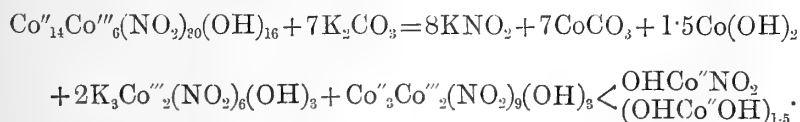
The change just formulated must be treated as indivisible, but other changes occur which may be regarded as secondary to it. There is evidently a cumulative resolution of the molecules of the $\text{Co}''_4\text{Co}'''_2(\text{NO}_2)_{10}(\text{OH})_4$ into others simpler by having given up some or all of their cobaltous hydroxynitrite and others enriched by having received this additional cobaltous hydroxynitrite. This resolution is attended with another one, that of some of the cobaltous hydroxynitrite into nitrite and hydroxide, the latter retained by the hydroxycobaltinitrite, the former lost to it by undergoing conversion itself to cobaltinitrite in a way similar to the original change. These subsidiary changes may be attributed in part to the force of crystallisation, but are principally to be referred to the feeble hold of the cobaltinitrite upon much cobaltous hydroxynitrite against the tendency of this to become itself cobaltic. The last

stage, therefore, of the conversion of cobaltous nitrite into the crystals obtained is to be expressed by



the crystalline substance, $\text{Co}''_{14}\text{Co}'''_6(\text{NO}_2)_{30}(\text{OH})_{16}$, being itself a compound of $3\text{Co}''_3\text{Co}'''_2(\text{NO}_2)_9(\text{OH})_3$ with $3\text{Co}(\text{NO}_2)(\text{OH})$ and $2\text{Co}(\text{OH})_2$.

In accordance with the remarkable constitution of the crystalline salt, indicating as it does that atoms of hydroxyl like nitroxyl groups can pair together between cobaltic and cobaltous atoms, is the behaviour of the salt when it is acted upon by half the quantity of an alkali carbonate equivalent to its cobaltous atoms. Out of 23.7 parts per cent of cobaltous cobalt present in the salt, 14.1 parts were precipitated in this way. The equation expressing this result is



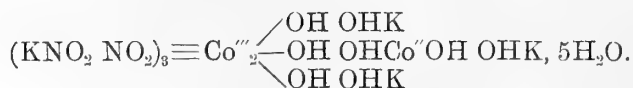
For 1.5, theory requires 2, and, since partial precipitation in this way can hardly lay claim to great accuracy, the cobaltous hydroxycobaltinitrite may allowedly be written as (p. 3)



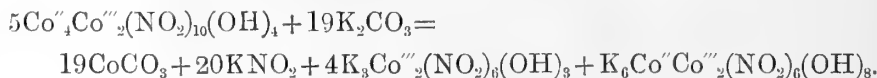
A potassium cobaltous salt is obtained by adding a solution of potassium carbonate, just so long as it continues to cause immediate precipitation, to the solution of cobaltous nitrite after its spontaneous conversion into hydroxycobaltinitrite, filtering, and gradually mixing the red-coloured filtrate with about twice its volume of absolute alcohol. The potassium cobaltous salt is thus

obtained as a rose-coloured flocculent precipitate which is very soluble in water and not stable in the air or in solution. Washed with alcohol and dried in a desiccator it was found to have the composition expressed by $K_6(NO_2)_6Co''Co'''_2(OH)_3, 5H_2O$. The calculated numbers are for this formula, after deducting $K_{0.3}$ and adding in its place $H_{0.3}$, the salt as prepared showing a deficiency of $\frac{1}{26}$ of the six atoms of potassium:—total cobalt, f. 19.56, c. 19.62; cobaltic cobalt, f. 12.82, c. 13.08; potassium, f. 24.73, c. 24.72; nitrogen, f. 9.36, c. 9.32. Only in the case of the cobaltic cobalt, and then but slightly, do the calculated numbers differ appreciably from the numbers found.

The empirical formula is remarkable in that it can be broken up into $6KNO_2 + Co_3(OH)_3 + 5H_2O$. The constitutional formula of the salt is that of a hexa-potassium hydroxy-cobaltous hydroxy-cobaltinitrite:



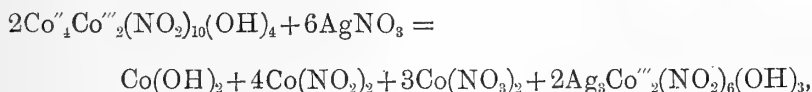
The equation satisfactorily expressing the interaction, so far as it is yet worked out, between a solution of transformed cobalt nitrite and potassium carbonate is the following:



But this equation assumes the existence of the simple potassium hydroxycobaltinitrite $(KNO_2 \ NO_2)_3Co'''_2(OH)_3$, which may be doubted.

With a dilute solution of silver nitrate the solution of transformed cobalt nitrite yields a straw-yellow precipitate, which is slightly soluble in water giving it an orange-yellow colour. It is unstable when moist, changing into silver nitrite and basic cobaltic

products. Its composition agrees well with the formula, $\text{Ag}_3\text{Co}''_2(\text{NO}_2)_6(\text{OH})_3$:— silver, f. 42.12 and 41.97, c. 42.13; cobalt, f. 15.61 and 15.56, c. 15.35; nitrogen, f. 10.70 and 10.66, c. 10.92. The analyses were made on different preparations of the salt. Sometimes, instead of the salt or with it, silver nitrite and cobaltic precipitates are formed. The simplest equation for expressing the interaction in which the silver hydroxycobaltinitrite is alone precipitated is :



it being understood that the cobaltous hydroxide remains in solution in combination with undecomposed hydroxycobaltinitrite, and that the cobaltous nitrite similarly combines or else proceeds to pass of itself into hydroxycobaltinitrite. The constitutional formula of the silver salt is $(\text{AgNO}_2 \text{ NO}_2)_3\text{Co}''_2(\text{OH})_3$.

The three salts which have been obtained in this investigation of the change undergone by cobaltous nitrite in aqueous solution, namely, hydroxycobaltous hydroxycobaltinitrite, potassium hydroxycobaltous hydroxycobaltinitrite, and silver hydroxycobaltinitrite, are not the first of the hydroxycobaltinitrites which have been prepared and examined. But the method of getting these others differed from that used in the present work, in that the first step was the dissolution of cobalt carbonate in presence of water by the action of the nitrous gases from nitric acid and arsenious oxide. By taking the nitrite or carbonate of another metal with the cobalt carbonate, double salts were obtained. The salt of the other metal was taken in the proportion of three equivalents to two of cobalt carbonate, so that by passing in the nitrous gases long enough, normal cobaltinitrites could be and were thus prepared,

by ROSENHEIM and KOPPEL who introduced this method of getting cobaltinitrites and hydroxynitrites, and prepared several of them for the first time (*Zeit. anorg. Chem.*, 1898, **17**, 35). The hydroxycobaltinitrites, they obtained and analysed, were a cobaltous, a barium, a strontium, a zinc, and a silver hydroxycobaltinitrite, whilst others were met with.

It will be seen that the method followed in preparing these hydroxycobaltinitrites is not well suited for the investigation of the problem which is the subject of the present paper. For, in presence of nitrous acid and nitric peroxide, there will occur some neutralisation of basic nitrite by the former,—



and possibly some production of cobaltic nitrite from cobaltous nitrite and nitric peroxide,—

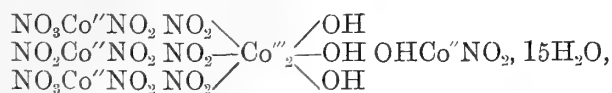


whereby the nature of the self-transformation of the cobaltous nitrite becomes obscured and the course of the change interfered with. Another objectionable feature of this mode of preparing hydroxycobaltinitrites is the production of more or less nitrate, which seems unavoidable.

In spite of the comparative unsuitability of their process from the point of view of this paper, it was necessary to repeat, if possible, some of ROSENHEIM and KOPPEL's work, the results of which were hardly consistent with those which had been got by using the LANG process. The cobaltous salt they have described was apparently indistinguishable from that now described in this paper (p. 2) except in composition. A re-examination of the cobaltous salt thus prepared was therefore decided upon.

Nitrous gases were passed into water holding cobalt carbonate

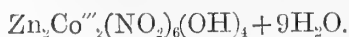
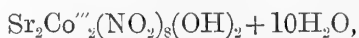
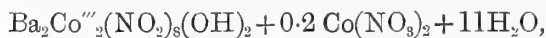
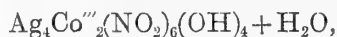
suspended until dissolution of the latter was nearly complete. The filtered solution was evaporated under reduced pressure at 30°, and yielded the expected crystals which were analysed. The results agreed well with ROSENHEIM and KOPPEL's, except that the latter did not include any finding for the cobaltic element, the proportion of it present being assumed by them to be two-fifths of the total cobalt. Calculation for $\text{Co}''_4\text{Co}'''_2(\text{NO}_2)_8(\text{NO}_3)_2(\text{OH})_4, 15\text{H}_2\text{O}$ gives figures which, with those here obtained and those found by ROSENHEIM and KOPPEL, are as follows:—total cobalt, f. 30.27, c. 29.90, Ros. f. 30.15; cobaltic cobalt, f. 9.80, c. 9.97; total nitrogen, f. 11.77, c. 11.82, Ros. f. 11.65; nitrite nitrogen, f. 9.31, c. 9.46, Ros. f. 8.90. ROSENHEIM and KOPPEL gave the salt a formula equivalent to $\text{Co}''_2\text{Co}'''_2(\text{NO}_2)_6(\text{OH})_4, \text{Co}(\text{NO}_3)_2, 12\text{H}_2\text{O}$; but this can be set aside, now that the ratio, $\text{Co}'':\text{Co}'''$ has been experimentally determined. In the light thrown upon the constitution of the hydroxycobaltinitrites by the work described in the present paper, the constitution of this nitrate-containing cobaltous salt may be expressed by



which differs from the formula given on p. 3 only in having 2NO_3 in place of 2NO_2 . But the crystals obtained from the solution prepared by LANG's method were more basic than this, and, in accordance with this difference, it was found that the crystals obtained from the solution prepared by ROSENHEIM and KOPPEL's method do not, when treated with solution of sodium carbonate equivalent to half their cobaltous element, give a precipitate containing noticeably more than half the cobaltous element. In the case of the crystals from the LANG solution, the

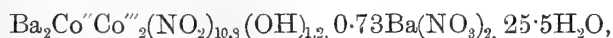
precipitate, similarly obtained, did include much more than this, though not as much as the formula indicated might have been precipitated. In that case some, in this case all, the cobaltous hydroxide remained in solution as a more basic hydroxycobaltinitrite (p. 4).

From the ROSENHEIM and KOPPEL solution the same potassium hydroxycobaltous salt and the same silver salt were obtained as from the LANG solution. In the statement on p. 7 the second analysis of the silver salt was made on a precipitate from such a solution. ROSENHEIM and KOPPEL failed to get from it anything but silver nitrite in this way, though they got a different, greyish-brown, microcrystalline, hydrated silver hydroxycobaltinitrite, indirectly through a zinc hydroxycobaltinitrite prepared in their way. To their silver salt and the other hydroxycobaltinitrites described by them, they have given formulæ equivalent to

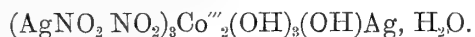


But more evidence is wanted to carry conviction as to the existence of such differences as those presented between the formulæ of the strontium and zinc salts and between the composition of ROSENHEIM and KOPPEL's series of salts and that of the salts now described. There is no evidence recorded in their paper as to whether the presence of additional nitrogen as nitrate was tested for in any other case than that of the barium salt, although in all cases the mother-liquor of the salt contained nitrate. Also evidence is wanting of the proportion of cobaltic element in the salts. As a consequence of the latter omission in the paper and by taking the more probable view that the nitrate in the barium salt

was that of barium rather than of cobalt, the formula,



can be given to their second preparation of the barium salt, and with markedly closer approximation to the results of analysis than that reached by their formula. Their silver salt, in which it is improbable that either cobaltous metal or nitrate was present, may have its given formula rearranged so as to make it appear as a derivative of the silver salt $(\text{AgNO}_2\text{NO}_2)_3\text{Co}'''_2(\text{OH})_3$, here described, thus:—



It has not been found possible to get time and opportunity to extend this research by further work upon ROSENHEIM and KOPPEL's solution and its derivative hydroxynitrites or upon LANG's solution. But enough has been accomplished probably to justify the expectation that all hydroxycobaltinitrites will prove to be of the type of the salts met with in this investigation.

The author is greatly indebted to Professor T. HAGA for valuable advice given him during the course of this work and to Professor E. DIVERS, F.R.S., for assistance in expressing the significance of the results of the experiments and in preparing the text of the paper.

College of Science,

Imperial University, Tokyo.

Vol. XXVIII., Art. 2, published July 12th, 1910.

Price in Tokyo, . . . Yen 0.20.

This Journal is on sale at

Z. P. MARUYA & Co., Ltd.

TORI SANCHOME, NIHONBASHI, TOKYO.

GEISER & GILBERT.

KAJICHO 23, TOKYO; MAINSTREET 52, YOKOHAMA.

R. FRIEDLÄNDER & SOHN,

CARLSTRASSE 11, BERLIN N. W.

明治四十三年七月九日印刷
明治四十三年七月十二日發行

編輯兼發行者 東京帝國大學

印刷者

東京市日本橋區兜町二番地

神谷 岩次郎

印刷所

東京市日本橋區兜町二番地

東京印刷株式會社

賣捌所

東京市日本橋區通三丁目十四番地

丸善株式會社書店

NOTICE

Vol. XXVIII. Articles already published:—

- Art. 1. M. MIYOSHI:—*Botanische Studien aus den Tropen. Hierzu 3 Tafeln.*
Publ. June 13th, 1910.
- Art. 2. T. SUZUKI:—*The Change of Cobaltous into Cobaltic Nitrite.* Publ. July
12th, 1910.
- Art. 3. Y. SHIBATA:—*The Action of the Grignard Reagent on Camphoric and
Isocamphoric Esters.* Publ. July 12th, 1910.
- Art. 4. Under press.

July 15th, 1910.

Vol. XXVIII., Art. 3.

東京帝國大學
理 科 大 學 紀 要

第 貳 拾 八 冊 第 參 編

JOURNAL
OF THE
COLLEGE OF SCIENCE,
IMPERIAL UNIVERSITY OF TOKYO.

Y. SHIBATA:

The Action of the Grignard Reagent on Camphoric
and Isocamphoric Esters.

TOKYO.

PUBLISHED BY THE UNIVERSITY.

MEIJI XLIII.



Publishing Committee.



Prof. **J. Sakurai**, LL. D., *Rigakuhakushi*, Director of the College, (*ex officio*).

Prof. **I. Ijima**, Ph. D., *Rigakuhakushi*.

Prof. **F. Ōmori**, *Rigakuhakushi*.

Prof. **S. Watase**, Ph. D., *Rigakuhakushi*.



All communications relating to this Journal should be addressed to the
Director of the College of Science.

The Action of the Grignard Reagent on Camphoric and Isocamphoric Esters.

By

Yūji Shibata, *Rigakushi.*

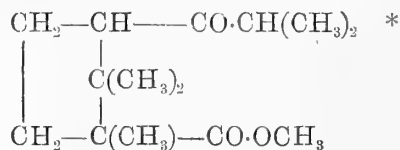
College of Science, Imperial University, Tokyo.

In a recently published paper on the action of the GRIGNARD reagent on *o*-phthalic esters (This Journ., 1909, Vol. **27**, Art. 4), it was shown that the two CO₂R groups in these esters, contrary to those in succinic and terephthalic esters, exert steric hindrance in carrying out the GRIGNARD'S reaction, producing derivatives of phthalide, or, as is more often the case, those of phthalane. In the case of succinic and terephthalic esters, the normal product of the reaction is a glycol, and it was pointed out that this difference in the action of the GRIGNARD reagent on the esters of *o*-phthalic acid on the one hand and on those of succinic and terephthalic acids on the other was most probably due to the fact that the two CO₂R groups in *o*-phthalic esters are in the *cis*-position, while those in succinic and terephthalic esters are in the *trans*-position. It was further pointed out that, from the point of view thus attained by the study of the action of the GRIGNARD reagent on *o*-phthalic esters, GRAEBE'S space formula for benzene is to be preferred to all others.

In order to obtain, if possible, further confirmation of the view thus expressed, the behaviour of camphoric and isocamphoric esters toward the GRIGNARD reagent has now been studied, these

being known clearly as the *cis-trans*-isomers. If the assumption is true that the two CO_2R groups in the *cis*-position exert steric hindrance, while those in the *trans*-position do not, then by the action of the GRIGNARD reagent, camphoric esters should produce campholides, analogous to the phthalides, while isocamphoric esters should produce glycols or some other non-condensed hydroxyl-derivatives.

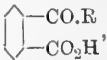
In fact, this anticipation has been fully confirmed, except in the case of the action of magnesium isopropyl iodide on dimethyl camphorate. In this case, a substance has been obtained, which is considered to be a δ -ketonic ester having the constitution :



It is known that iso-alkyl groups generally exert a more remarkable steric influence than the normal ones (compare M. DAVIS, Journ. Chem. Soc., 1909, **95**, 1397), and it is highly probable that here also the first isopropyl group which has entered into reaction with dimethyl camphorate has hindered the addition of a second molecule of the GRIGNARD reagent, thus producing a ketonic ester, or, in other words, stopping the reaction at its first stage.

The Action of Magnesium Phenyl Bromide on Dimethyl d-Camphorate.

d-Camphoric acid, which was prepared by the oxidation of

* The compounds of analogous constitution, *o*-acyl-benzoic acids, , have been recently synthesised by the action of the GRIGNARD reagent on phthalic acid by H. SIMONIS and K. ARAND (Ber., 1909, **42**, 3721), also compare A. GUYOT and J. CATEL (Bull. Soc. Chim., 1906, [iii], **35**, 551).

Japanese camphor according to the processes given by F. WREDEN (Annalen, 1872, **163**, 323) and W. A. NOYES (Amer. Chem. Journ., 1894, **16**, 307), was converted into the neutral methyl ester by means of dimethyl sulphate, according to the patent method of J. D. RIEDEL (D.R.P., 189840 [1906] and 196152 [1908]).

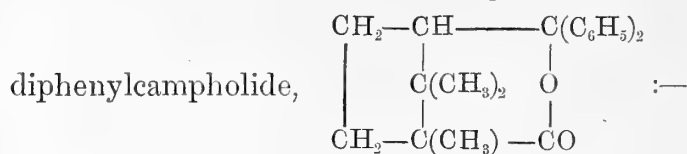
Dimethyl *d*-camphorate thus prepared boils at 147–150° under 10 mm. pressure, or at 162–164° under 29 mm. pressure, while RIEDEL gives its boiling point as 145–147° under 20 mm. pressure. The sample was, therefore, analysed and proved to be free from impurities.

0.2213 gave 0.5101 CO₂ and 0.1739 H₂O. C=62.87; H=8.78.

C₁₂H₂₀O₄ requires C=63.10; H=8.85 per cent.

The reaction between dimethyl camphorate and magnesium phenyl bromide was carried out in precisely the same manner as in the case of diethyl phthalate (*loc. cit.*). An ethereal solution of the ester was added to magnesium phenyl bromide in the proportion of 1 to 4 molecules, and the product, obtained by decomposing the resulting solution with ice and dilute sulphuric acid, was subjected to steam distillation to remove the excess of bromobenzene and diphenyl, formed as a by-product. The residual oil soon solidified, and the solidified mass was finely pulverised and dried in a vacuum over sulphuric acid. In order to remove the oil still adhering, the yellowish powder thus obtained was rubbed in a mortar with a small quantity of alcohol which was then well sucked, and the product recrystallised from hot alcohol. Small colourless needle-shaped crystals with a melting point of 154–155° were thus obtained. They are easily soluble in ether, benzene, carbon bisulphide, acetone, chloroform, and hot alcohol, and difficultly soluble in cold alcohol, and petroleum ether. On

analysis the results obtained agreed with those required by



0.1541 gave 0.4664 CO_2 and 0.1043 H_2O . $\text{C}=82.54$; $\text{H}=7.75$.

$\text{C}_{22}\text{H}_{24}\text{O}_2$ requires $\text{C}=82.45$; $\text{H}=7.56$ per cent.

That this substance is diphenylcampholide was proved by the action of alcoholic potash and of nitric acid upon it.

The action of alcoholic potash :—Diphenylcampholide, dissolved in alcohol, was heated on a water-bath for about twenty hours with an excess of alcoholic potash. On adding a large amount of water, a small quantity of the original substance separated out, and was filtered off. The filtrate was evaporated on a water-bath with repeated additions of water to remove the alcohol, and the aqueous solution was acidified with hydrochloric acid. White amorphous precipitates, thus formed, were collected on a filter, well washed, and dried in a vacuum desiccator over sulphuric acid. The acidic substance thus obtained contains water of crystallisation, and melts indefinitely above 100° , with previous sintering at about 60° . When this substance is dissolved in ether, the water of crystallisation separates out, and on driving off the ether from the ethereal solution, an oily substance is left. As thus this substance could not be purified, its barium salt was prepared by adding barium chloride to a solution of its sodium salt. After drying it at 120° , it was analysed and proved to be barium diphenyloxycampholate, $(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{C}(\text{OH})\text{CO}_2\text{Ba}$:—

0.2458 dried salt gave 0.0699 BaSO_4 . $\text{Ba}=16.73$.

$\text{C}_{22}\text{H}_{24}\text{O}_6\text{Ba}$ requires $\text{Ba}=16.92$ per cent.

Diphenyloxycampholic acid obtained by the hydrolysis of diphenylcampholide, being a *r*-oxy-acid, should easily yield a lactone, as was in fact found to be the case. A small quantity of the acid was weighed in a platinum boat, and kept in an air-bath at 100° until the constant weight was attained. It was then analysed:—

0.2339 gave 0.7009 CO₂ and 0.1587 H₂O. C=81.73; H=7.41.

C₂₂H₂₄O₃ requires C=82.45; H=7.56 per cent.

Thus by merely heating to 100°, the lactone was formed. The same result was also obtained by heating the acid with an excess of acetic anhydride on a water-bath for about five hours.

The action of fuming nitric acid:—Diphenylcampholide dissolves easily in fuming nitric acid with a considerable evolution of heat. On the addition of water to the solution, brownish precipitates separated out. A chloroform solution of the precipitates was boiled with animal charcoal, filtered, and the filtrate was evaporated on a water-bath. Small yellowish crystals melting at 224–225°, easily soluble in chloroform, and insoluble in alcohol, ether, and petroleum ether, were thus obtained, which gave the following results on analysis:—

0.1275 gave 0.2997 CO₂ and 0.0531 H₂O. C=64.11; H=4.66.

0.1873 gave 11.12 c.c. N₂ at 760 mm. and 18°C. N=6.82.

C₂₂H₂₂O₆N₂ requires C=64.36; H=5.41; N=6.83 per cent.

Thus the substance is dinitrodiphenylcampholide.

Diphenylcampholide is very stable toward the action of oxidising agents. Thus even when it was heated with chromic acid mixture to 150–155° for about twenty hours, only a very small portion of the substance was attacked, and, on repeated recrystallisation from alcohol, a small quantity of a substance melting at

200° was isolated. But the quantity of it was so small that further investigation was impossible.

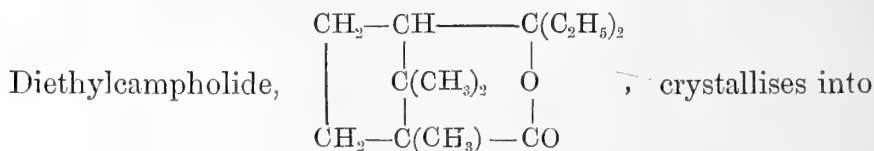
The Action of Magnesium Ethyl Iodide on Dimethyl d-Camphorate.

As the reaction product, an yellowish oil was obtained, the main part of which distilled (I) at 170–172° under 6–7 mm. pressure, or (II) at 176–178° under 16 mm. pressure. It was analysed with the following results:—

(I) 0.2749 gave 0.7489 CO₂ and 0.2619 H₂O. C=74.30; H=10.65.

(II) 0.2362 gave 0.6437 CO₂ and 0.2257 H₂O. C=74.32; H=10.68.

C₁₄H₂₄O₂ requires C=74.93; H=10.79 per cent.



small plates, melting at 37–38°, soluble in alcohol, ether, petroleum ether, chloroform, benzene, acetone, and carbon bisulphide.

The action of alcoholic potash on diethylcampholide:—The substance, dissolved in alcohol, was heated with an excess of alcoholic potash on a water-bath for about twenty hours. When the solution was treated in the same manner as in the preceding case, a brownish oil separated out on acidification with hydrochloric acid. On being allowed to stand for a long time, a small portion of the oil solidified, and the solid was collected and left on a porous tile to remove the oil still adhering. It was then dissolved in alcohol, and water was added to the solution drop by drop until turbidity began to appear. On standing, long needle-shaped crystals separated out, which melted between 90–98°. They were dissolved in alkali and reprecipitated with hydrochloric acid, but no

improvement in the melting point was observed. As the substance was scanty, no further study of it was attempted.

The oxidation of diethylcampholide:—Diethylcampholide was heated with chromic acid mixture on a water-bath for five hours. The oxidation went on with a brisk evolution of gases, and on cooling, the oily substance solidified into fine needles. They were then repeatedly recrystallised from dilute alcohol, and beautiful lustrous feathery crystals, with a melting point of 60° , were obtained. The substance is very easily soluble in alcohol, ether, benzene, chloroform, carbon bisulphide, acetone, and petroleum ether. It gave the following results on analysis:—

0.1039 gave 0.2834 CO_2 and 0.0994 H_2O . $\text{C}=73.68$; $\text{H}=10.60$.

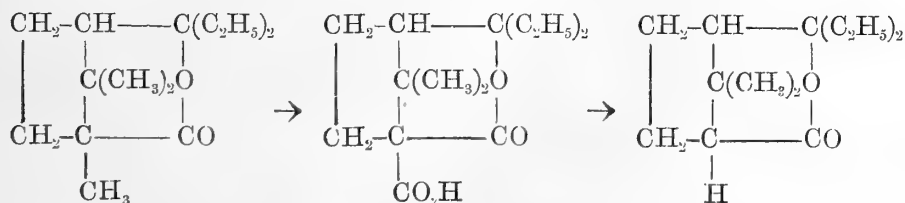
$\text{C}_{13}\text{H}_{22}\text{O}_2$ requires $\text{C}=74.21$; $\text{H}=10.56$ per cent.

The molecular weight of the substance was determined by the cryoscopic method, and a value well coinciding with the above formula was obtained:—

0.2532 in 17.56 benzene caused 0.335° depression. $\text{M}=215.2$.

$\text{C}_{13}\text{H}_{22}\text{O}_2$ requires $\text{M}=210.2$.

On comparing this formula, $\text{C}_{13}\text{H}_{22}\text{O}_2$, with that of the original substance, $\text{C}_{14}\text{H}_{24}\text{O}_2$, it may be seen that no increase in oxygen but a diminution of CH_2 took place by the oxidation. This means that one of the three methyl groups in the camphor molecule had been replaced by a hydrogen atom, and the following scheme of the oxidation process seems to be most probable:—



The substance is, therefore probably, diethylapocampholide. That this substance is a lactone may easily be proved by the action of alkali on it.

*The action of alcoholic potash on diethylapocampholide :—*By the action of alcoholic potash on diethylapocampholide, after the usual treatment, white precipitates were obtained on acidification. The precipitates, on standing over night, crystallised in feathery needles, melting at 60° , with the following composition:—

0.0797 gave 0.2173 CO_2 and 0.0770 H_2O . $\text{C}=74.36$; $\text{H}=10.80$.

$\text{C}_{15}\text{H}_{22}\text{O}_2$ requires $\text{C}=74.21$; $\text{H}=10.56$ per cent.

The substance is, no doubt, nothing but the original substance, and the oxy-acid, first produced by the action of alcoholic potash, must have been brought back again into its lactone by the action of an excess of hydrochloric acid.

The Action of Magnesium Methyl Iodide on Dimethyl d-Camphorate.

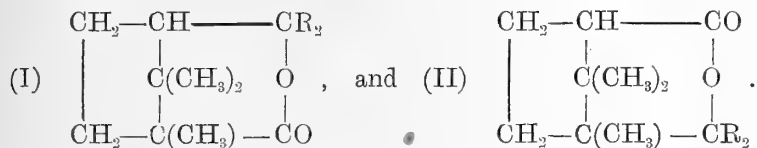
By the action of magnesium methyl iodide on dimethyl camphorate, carried out in the usual manner, an oily substance was obtained, almost all of which distilled with steam. The oil was extracted with ether from the distillate, and was fractionated under a reduced pressure of 10 mm., after driving off the ether. The main part distilled at $145\text{--}147.5^{\circ}$ as a colourless oil with a faint odour like turpentine oil. On analysis it gave the following results, agreeing well with the composition of dimethylcampholide:—

0.3520 gave 0.9434 CO_2 and 0.3226 H_2O . $\text{C}=73.10$; $\text{H}=10.25$.

$\text{C}_{12}\text{H}_{20}\text{O}_2$ requires $\text{C}=73.39$; $\text{H}=10.30$ per cent.

G. KOMPPA (Ber., 1908, **41**, 1039) obtained dimethylcampholide in crystalline form with a melting point of $83.5\text{--}85^{\circ}$ by the

action of magnesium methyl iodide on camphoric anhydride. In campholides, the existence of the following two isomers are possible:



And, in fact, J. HOUBEN (Ber., 1908, **41**, 1580) obtained both of the two isomers of dibenzylcampholide by the action of magnesium benzyl chloride on camphoric anhydride. In the case of dimethylcampholide, KOMPPA's crystalline form and my oily one will probably be found to correspond to these two forms. KOMPPA gave formula I to his dimethylcampholide without any remark on this point. I am, however, inclined to believe that my oily substance has formula I, and KAMPPA's crystalline one has formula II.

As will be described hereafter, the action of magnesium phenyl bromide on dimethyl isocamphorate results in the formation of methyl diphenyl-oxy-isocampholate, $\text{C}_8\text{H}_{14} < \begin{array}{c} \text{C}(\text{C}_6\text{H}_5)_2 \cdot \text{OH} \\ \text{CO} \cdot \text{OCH}_3 \end{array}$, one of the two ester groups remaining untouched. In this case, from the point of view of the steric influence, it is most natural to regard the untouched ester group as one in union with that carbon atom which carries a methyl group with it. In the case of the formation of dialkyl(aryl)campholides, the same theory must also hold true, although the intermediate product, methyl dialkyl(aryl)-oxy-campholate could not be isolated, or in other words, the campholides obtained by the action of GRIGNARD reagents on camphoric esters must have formula I. Again, it is also most probable that in the formation of two isomeric campholides from

camphoric anhydride, the one with formula I will be obtained in better yield than the other. In fact KOMPPA states in his paper that he obtained an oily substance along with the crystalline dimethylcampholide, the former being in far larger quantity than the latter. He did not, however, further examine the oily substance which should have contained the oily modification of the campholide.

The action of alcoholic potash on dimethylcampholide :—An alcoholic solution of dimethylcampholide was treated with an excess of alcoholic potash in the usual manner, and on acidifying the clear alkaline solution, white turbidity soon appeared. On letting it stand over night, an oily substance was obtained at the bottom of the vessel. The oil was extracted with ether, the ethereal solution dried over calcium chloride, and the ether driven off. The residue was fractionated, when the main part of it passed over at 165–166° under 16 mm. pressure. On analysis the following results were obtained:—

0.2055 gave 0.5451 CO₂ and 0.1887 H₂O. C=72.36 ; H=10.27.

C₁₂H₂₀O₂ requires C=73.39 ; H=10.30 per cent.

The oil, thus separated by acidifying the alkaline solution, is no more soluble in alkali. This fact and the results of the analysis show that the oil is the original dimethylcampholide, dimethyloxycampholic acid, formed by the hydrolysis of the campholide, having been brought back into its lactone by the action of the hydrochloric acid.

The Action of Magnesium Isopropyl Iodide on Dimethyl d-Camphorate.

The reaction product is a colourless viscous oil with a feeble odour somewhat resembling that of camphor. On fractionation,

it distilled at 140–142° under 7 mm. pressure, or at 159–160° under 20–21 mm. pressure. On analysis the following results were obtained:—

0.3177 gave 0.8220 CO₂ and 0.2716 H₂O. C=70.56; H=9.56.

0.3126 gave 0.8069 CO₂ and 0.2653 H₂O. C=70.35; H=9.48.

C₁₄H₂₄O₃ requires C=70.00; H=10.00 per cent.

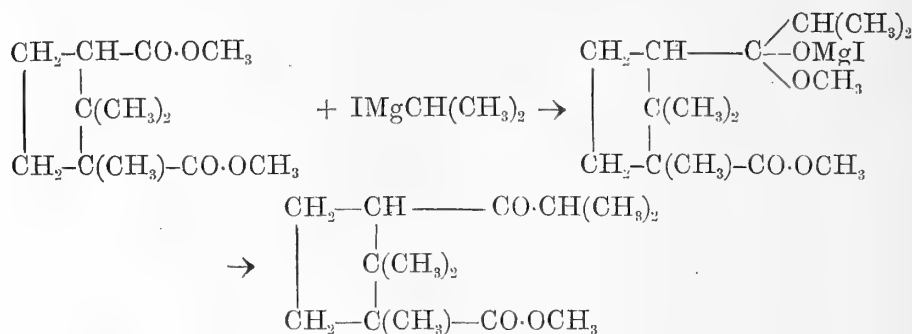
The oxidation of the substance C₁₄H₂₄O₃.—The oil was dissolved in benzene and shaken with an acidic solution of potassium permanganate (5%). On driving off the benzene, an oily substance was obtained, which was fractionated. The portion distilling about 150° under 7 mm. pressure gave a considerable quantity of crystals on cooling. These were recrystallised from alcohol, and the colourless needles thus obtained melted at 224–225°, and gave the following results on analysis, showing that the substance is camphoric anhydride:—

0.1032 gave 0.2424 CO₂ and 0.0701 H₂O. C=65.98; H=7.82.

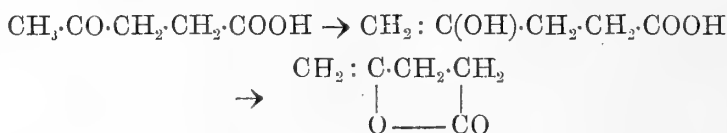
C₁₀H₁₄O₃ requires C=65.90; H=7.74 per cent.

The action of alcoholic potash on the substance C₁₄H₂₄O₃.—The oil was boiled with an excess of alcoholic potash for twenty hours, and after the usual treatment, an oil separated out on acidification. This was extracted with ether, the ethereal solution dried over calcium chloride, the ether driven off, and the residue fractionated under a reduced pressure. Camphoric anhydride was again obtained in a considerable quantity.

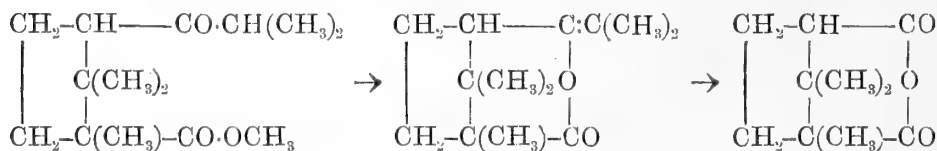
These changes can easily be explained if a constitution of methyl 1:2:2-trimethyl-3-isobutyryl-*cyclo*-pentane-1-carboxylate be given to the substance C₁₄H₂₄O₃ as stated in the introductory part, its formation from dimethyl camphorate and magnesium isopropyl iodide being represented as follows:—



As is known, a γ -ketonic acid, like acetylpropionic acid, is easily converted into an unsaturated lactone by long heating, according to the following scheme:—



In the formation of camphoric anhydride from the above substance $\text{C}_{14}\text{H}_{24}\text{O}_3$ by the action of potassium permanganate and of alcoholic potash, dimethylmethylenecampholide might first be formed, the above δ -ketonic ester having gone through a change similar to this change of γ -ketonic acids, whence camphoric anhydride is formed by the splitting of the dimethylmethylene residue:—



The Action of Magnesium Phenyl Bromide on Dimehtyl l-Isocamphorate.

l-Isocamphoric acid was prepared from *d*-camphoric acid by the method of O. ASCHAN (Ber., 1889, **27**, 2005). The neutral methyl ester of this acid, hitherto unknown, was prepared by a

method similar to the patent method of J. D. RIEDEL (loc. cit.) for the preparation of camphoric esters. The dimethyl ester is a colourless viscous oil, boiling at 165–170° under 37–38 mm. pressure, and having the following composition:—

0.2245 gave 0.5175 CO₂ and 0.1760 H₂O. C=62.87; H=8.80.

C₁₂H₂₀O₄ requires C=63.10; H=8.85 per cent.

The reaction between this ester and magnesium phenyl bromide was carried out quite in the same way as in the case of dimethyl camphorate, and a crystalline substance was obtained. On recrystallising it from alcohol, colourless needles melting at 105–106° were obtained, with the composition of methyl diphenyl-oxy-isocampholate:—

0.1831 gave 0.5261 CO₂ and 0.1365 H₂O. C=78.36; H=8.33.

C₂₈H₂₈O₃ requires C=78.36; H=8.01 per cent.

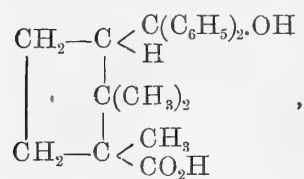
The substance is easily soluble in benzene, ether, carbon bisulphide, chloroform, and acetone, moderately soluble in alcohol, and glacial acetic acid, and insoluble in petroleum ether.

The saponification of the ester:—The alcoholic solution of the ester was boiled with an excess of alcoholic potash on a water-bath. On diluting the mixture with a large amount of water, a considerable quantity of the original ester separated out. The filtrate was evaporated on a water-bath to remove the alcohol, and the alkaline solution was acidified with hydrochloric acid. The white precipitates thus obtained were recrystallised from dilute alcohol. The acid thus purified is in the form of lustrous scaly crystals, melting at 214°, with the following composition:—

0.1323 gave 0.3797 CO₂ and 0.0944 H₂O. C=78.27; H=7.98.

C₂₂H₂₆O₃ requires C=78.02; H=7.74 per cent.

Thus the substance is diphenyl-oxy-isocampholic acid,



a *trans*-acid, not forming its lactone easily, as is the case with *cis*-acids.

The preparation of dimethyl isocamphorate being tolerably laborious, further examination of the action of other GRIGNARD reagents with this ester was not attempted.

The Chemical Institute of the College of Science,
Imperial University of Tokyo.

Vol. XXVIII., Art. 3, published July 15th, 1910.

Price in Tokyo, . . . Yen 0.20.

This Journal is on sale at

Z. P. MARUYA & Co., Ltd.

TORI SANHOME, NIHONBASHI, TOKYO.

GEISER & GILBERT.

KAJICHO 23, TOKYO; MAINSTREET 52, YOKOHAMA.

R. FRIEDLÄNDER & SOHN,

CARLSTRASSE 11, BERLIN N. W.

明治四十三年七月十二日印刷
明治四十三年七月十五日發行

編輯兼發行者 東京帝國大學

東京市日本橋區兜町二番地

印刷者

神谷 岩次郎

東京市日本橋區兜町二番地

印刷所

東京印刷株式會社

東京市日本橋區通三丁目十四番地

賣捌所

丸善株式會社書店

NOTICE

Vol. XXVIII. Articles already published:—

- Art. 1. M. MIYOSHI:—*Botanische Studien aus den Tropen. Hierzu 3 Tafeln.*
Publ. June 13th, 1910.
- Art. 2. T. SUZUKI:—*The Change of Cobaltous into Cobaltic Nitrite.* Publ. July
12th, 1910.
- Art. 3. Y. SHIBATA:—*The Action of the Grignard Reagent on Camphoric and
Isocamphoric Esters.* Publ. July 15th, 1910.
- Art. 4. Under press.
-

November 13th, 1910.

Vol. XXVIII., Art. 4.

東京帝國大學
理科大學紀要

第貳拾八冊第四編

JOURNAL
OF THE
COLLEGE OF SCIENCE,
IMPERIAL UNIVERSITY OF TOKYO.

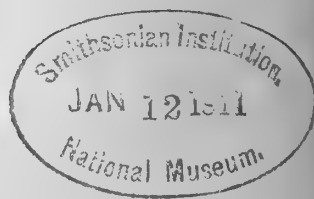
H. NAKANO:

Lebensgeschichte der Stengel-Bulbillen einiger
Angiospermen.

TOKYO.

PUBLISHED BY THE UNIVERSITY.

MEIJI XLIII.



Publishing Committee.



Prof. **J. Sakurai**, *LL. D.*, *Rigakuhakushi*, Director of the College, (*ex officio*).

Prof. **I. Ijima**, *Ph. D.*, *Rigakuhakushi*.

Prof. **F. Ōmori**, *Rigakuhakushi*.

Prof. **S. Watase**, *Ph. D.*, *Rigakuhakushi*.



All communications relating to this Journal should be addressed to the
Director of the College of Science.

Lebensgeschichte der Stengel-Bulbillen einiger Angiospermen.

Von

H. Nakano, *Rigakushi*.

Mit 3 Tafeln.

Die Litteratur über die Knollen- resp. Bulbillenbildung an der Blattachsel der höheren Pflanzen ist ziemlich reichlich vertreten. Man vergleiche hierüber namentlich VÖCHTINGS¹⁾ bekannte Abhandlungen, wo man Zitate von früheren und neuen Arbeiten finden kann. Doch beschränken sich die früheren Arbeiten nur auf einzelne Pflanzen oder Pflanzengruppen, und eine vergleichende Studie der knollen- oder bulbillenbildenden Pflanzen liegt bislang nicht vor.

Um einen Beitrag hierüber zu bringen, habe ich meine eigenen Untersuchungen über die Bulbillen von elf Pflanzenarten, die verschiedenen Gattungen und Familien angehören, unternommen, und zwar will ich erstens die vergleichende Anatomie, zweitens die Wachstumsweise, drittens den Stoffwechsel und letztens den Ursprung der Knollen, besonders bei den sehr umstrittenen *Dioscorea*-Knollen behandeln.²⁾

1) VÖCHTING: Ueber die Bildung der Knollen, Bibl. Bot. Bd. I. 1836.

2) Ueber die Bedingungen der Bulbillenbildung werde ich bei einer späteren Gelegenheit berichten.

Nähere Besprechungen der Litteratur werden an den passenden Stellen erfolgen.

Die vorliegende Untersuchung wurde im Laufe eines akademischen Jahres vom Juni 1908 bis zum Juni 1909 im pflanzenphysiologischen Laboratorium der kaiserlichen Universität zu Tokyo ausgeführt. Meinem geehrten Lehrer HERRN PROFESSOR DR MIYOSHI, unter dessen Leitung diese Untersuchung angestellt wurde, bin ich wegen seiner vielfachen Unterstützungen und mancherlei Anregungen zum herzlichsten Dank verpflichtet.

II. METHODIK UND VERSUCHSMATERIAL.

Um die Reservestoffveränderungen zu verfolgen, bediente ich mich fast immer der qualitativen Analyse, namentlich der mikroskopischen, in folgender Weise:

Stärke: Nach der A. MEYERSchen Methode¹⁾ gefärbt. Um den Stärkegehalt zu vergleichen benutzte ich HARTIG und LUTZ' Skala.²⁾

Reduzierender Zucker: Nach SCHIMPER wurde die FEHLINGsche Lösung³⁾ gebraucht, welche immer frisch angewendet wurde.

Inulin: Um Sphärokrystalle bilden zu lassen, wurden dicke Schnitte einige Tage lang in ca. 60 % Alkohol gelegt.⁴⁾

Rohrzucker: SACHS' Methode⁵⁾ wurde mit genauer Kontrolle

1) ZIMMERMANN. Botanische Mikrotechnik, § 405, 1892.

2) Bot. Centralbl. Bd. 63. p. 337. 1896.

0.....bei gänzlicher Abwesenheit.

1.....wenn einzelne kleine Körnchen hier und da im Gewebe vorhanden sind.

2.....wenn alle oder die meisten Zellen des Gewebes wenige bis mehrere Körner in sich tragen.

3.....wenn das Gewebe recht viel Stärke zeigt.

4.....wenn die Zellen strotzend mit Körnern gefüllt sind.

3) ZIMMERMANN. l. c. § 119.

4) ebenda. § 120.

5) ebenda. § 121.

angewandt. Wenn das Gewebe keine Stärke enthielt, wurden übliche chemische Reaktionen mit Vorteil benutzt.

Gerbstoff: Durch konzentrierte wässrige Lösung von Eisenvitriol¹⁾ oder Kaliumbichromat²⁾ nachgewiesen.

Antocyan: Reaktionen gegen Säure, Alkohol u.s.w.³⁾

Allylsulfid: Vorwiegend durch Platinchlorid und Silbernitrat identifiziert.⁴⁾

Fettes Oel: Durch alkoholische Lösung von Sudan III oder Osmium gefärbt.

Aetherisches Oel: In Alkohol leichter löslich als fettes Oel, besonders mit Zusatz von etwas Alkali.⁵⁾ Erhitzt man die Schnitte nach MEYERS⁶⁾ Verfahren zehn Minuten lang im Trockenschrank auf 120–130°C., dann verflüchtigt sich das Harz, während fettes Oel zurückbleibt.

Asparagin⁷⁾ und Tyrosin⁸⁾: Nach BORODINSCHER Methode, um charakteristische Krystalle ausscheiden zu lassen.

Eiweiss: Biurettreaktion⁹⁾ und MILLONS Reagenz¹⁰⁾ wurden abwechselnd angewandt. Die letztere ist nur in tyrosinarmem Gewebe anwendbar.

Mineralsalze: Nach SCHIMPERS Angabe¹¹⁾ identifiziert.

1) ZIMMERMANN l. c. § 199.

2) Ebendasselbst § 201.

3) Ebenda § 181. Auch CZAPEK: Biochemie, Bd. I. p. 471.

4) Vergl. VOIGT: Bot. Centralbl. Bd. 41. 1890. p. 292. und ZIMMERMANN § 126.

5) CZAPEK: Biochemie Bd. I. p. 105.

6) ZIMMERMANN § 144.; DETMER: Pflanzenphysiologisches. Praktikum. 1895. p. 283.

7) ZIMMERMANN § 130.

8) Ebenda § 134.

9) STRASBURGER: Das Botanisches Practicum. III. Auflage p. 101.

10) ZIMMERMANN § 226.

11) Zur Frage der Assimilation der Mineralsalze durch die grüne Pflanze. Flora Bd. 48. 1890.

Als Versuchspflanzen benutzte ich folgende elf Arten:

Monocotyledonen:

<i>Lilium tigrinum</i> Gawl.	(Liliaceae)
<i>Allium scorodoprasum</i> L.	(„)
<i>Allium nipponicum</i> Fr. et Sav.	(„)
<i>Dioscorea Batatas</i> Dcne.	(Dioscoreaceae)
<i>Dioscorea japonica</i> Thun.	(„)

Dicotyledonen:

<i>Elatostema umbellatum</i> Bl. var. <i>majus</i> Max.	(Urticaceae)
<i>Laportea bulbifera</i> Wedd.	(„)
<i>Polygonum viviparum</i> L.	(Polygonaceae)
<i>Sedum Alfredi</i> Hce.	(Crassulaceae)
<i>Begonia Evansiana</i> Andr.	(Begoniaceae)
<i>Cacalia bulbifera</i> Max.	(Compositae)

Von den oben erwähnten Pflanzen brachte ich *Elatostema umbellatum* var. *majus*, *Laportea bulbifera*, *Polygonum viviparum* und *Cacalia bulbifera* aus Nikko mit, während alle übrigen Arten in Tokyo oder dessen Umgebung gesammelt wurden.

III. FORM UND STRUKTUR DER REIFEN BULBILLEN.

Allgemeine Betrachtungen.

Unter Bulbille oder Brutknospe verstehe ich dasjenige verdickte Organ des Pflanzenkörpers, welches mit Knospen im engeren Zusammenhange steht oder, genauer, die letzteren in sich einschliesst. Hinsichtlich ihres Baues lassen sich zwei Formen unterscheiden:

- a) Luftknöllchen (oder kurz Knöllchen),
- b) Luftzwiebelchen (oder kurz Zwiebelchen).

Bei den ersteren ist entweder die Sprossachse oder ein Teil

des Stengels (letzteres fand ich nur bei *Elatostema umbellatum* var. *majus*) ungewöhnlich verdickt, um eine grosse Menge Reservestoffe aufzuspeichern, z. B.: *Dioscorea Batatas*, *D. japonica*, *Laportea bulbifera*, *Polygonum viviparum*, *Begonia Evansiana*, *Cacalia bulbifera* und *Elatostema umbellatum* var. *majus*, bei den letzteren(b) dagegen sind die Nährstoffe in einem oder mehreren Blättchen aufgespeichert, während der Stengelteil fast unverändert bleibt, z. B. *Lilium tigrinum*, *Allium scorodoprasum*, *A. nipponicum*, *Sedum Alfredi*.

Wie im folgenden erörtert wird, ist jede einzelne Bulbille nichts anders als eine modifizierte Form der Knospe im weiteren Sinne. Somit ist sie immer mit einem oder mehreren Vegetationspunkten versehen. Im Zwiebelchen befindet sich ohne Ausnahme nur einer, während im Knöllchen mehrere Vegetationspunkte sich vorfinden. Um zur Zeit der Keimung für notwendige Nährstoffe der Vegetationspunkte zu sorgen, sind die Bulbillen mit dickem Nährgewebe versehen. Demnach lassen sich in Bulbillen der Knospen- und der Nährteil deutlich unterscheiden. Unter dem Knospenteil verstehe ich den Vegetationspunkt und dessen Anhänge, und unter dem Nährteil das Reserveparenchym u.s.w.

Unter den Zwiebelchen gibt es schutzschuppenlose (bei *Lilium* und *Sedum*) und mit Schutzschuppen versehene (bei *Allium*).

Der Knospenteil besteht aus Vegetationspunkt, Blattanlage, Schutzschuppen, kurzem Stengel u.s.w. Am Vegetationspunkt lassen sich Dermatogen, Periblem und Plerom¹⁾ bei folgenden Arten deutlich unterscheiden: z. B. *Lilium tigrinum*, *Allium*

1) Vergl. PERCY GROOM: Ueber den Vegetationspunkt der Phanerogamen, Ber. Deut. Bot. Ges. Bd. III. 1885. p. 303.

scorodoprasum. *A. nipponicum*, *Dioscorea Batatas*, *D. japonica*, *Elatostema umbellatum* var. *majus*, *Laportea bulbifera*, *Polygonum viviparum*, *Begonia Evansiana* und *Cacalia bulbifera*.

Der Nährteil ist nach der Phylogenie entweder Sprossachse oder ein Teil des Stengels (beide bei Knöllchen), oder ein niederes Blatt (bei Zwiebelchen). Im Nährteil kommt Reserveparenchym in erster Linie, welches mit hervorragenden Reservestoffen gefüllt ist.

Die Mehrzahl der Knöllchen bildet Kork, während alle Zwiebelchen keinen solchen erzeugen: z. B. bei *Dioscorea Batatas*, *D. japonica*, *Laportea bulbifera*, *Begonia Evansiana* und *Cacalia bulbifera* bildet er sich, dagegen bei Knöllchen von *Polygonum* und *Elatostema* fehlt er.

Spezielle Betrachtungen.

A. Knöllchen.

1. *Dioscorea Batatas* (nom. jap. Nagaimo.)

Bei den verschiedenen Kultursorten dieser Pflanze ist die Form der Bulbillen sehr verschieden. Bei „Nagaimo“ (wahrscheinlich Stammpflanze) und „Ichinenimo“ ist sie ellipsoidisch, doch die Bulbillen der letzteren Art sind dicker als die der ersteren.

Die Bulbillen dieser beiden Sorten sind ca. 2–3 cm lang und ca. 1 cm dick. Der Knospenteil befindet sich an der etwas spitzigen Stelle, während der entgegengesetzte Teil etwas rundlich aussieht. Bei den Sorten „Tsukune“ und „Teimo“ sind die Bulbillen flacher und die Bulbillen der ersteren wieder dicker als die der letzteren, doch sind ihre Formen oft sehr unregelmässig.

Folgende Merkmale beziehen sich auf die Sorte „Nagaimo“: Die Bulbillen bilden sich im Juni an der Blattachsel und reifen

im Oktober, dann erreichen sie oft eine Länge von 3.9 cm. Sie sind mit einer braunen Korkhaut versehen, welche hie und da gebrochen ist, weil die Wurzeln, die meist unentwickelt bleiben, vom Innern der Rinde nach aussen wachsen. Jede einzelne Bulbille besitzt in der Regel eine Knospe, doch nicht selten auch zwei, aber drei Knospen, welche ich bei an die Mutterpflanze anheftend gekeimten Bulbillen beobachtete, scheinen sehr ungewöhnlich zu sein, obwohl diese Dreizahl QUEVA¹⁾ bei *Helmia bulbifera*, Miss DALE²⁾ bei *Dioscorea sativa* und GÖBEL³⁾ bei *D. macroura* gefunden haben.

Jeder einzelne Vegetationspunkt ist mit einigen dicht anliegenden Schuppen bedeckt, die aus etwas langen rindenparenchymatischen Zellen bestehen und reich an Raphidenzellen sind. BUCHERER⁴⁾ hat die Ansicht geäußert, dass die Knospenschuppen von Knollen dieser Arten mit Recht als Blätter betrachtet werden können, während MOHL es früher wegen reichlichen Vorkommens von Raphiden bestritt. Sie sind indessen zweifellos Niederblätter.

Zwischen Vegetationspunkt und Reserveparenchym liegen ein wenig meristematische Zellen.

Beim Querschnitt sieht man eine Reihe brauner Korkzellen, deren Aussen- und Seiten-Wände sich verdicken, und darunter weisse Korkzellen. Bei dem Kork der Knollen von *Tamus communis* sind nach BUCHERER,⁵⁾ die Radialwände stark verdickt. Der Bau der Knöllchen stimmt wesentlich mit dem des Stengels

1) Les bulbilles des Dioscorées. Comp. rend. T. 117. 1894. p. 316.

2) On the origin, development and morphological nature of the aerial tuber in *Dioscorea sativa*. Annals of Botany. vol. 15. 1901. p. 494.

3) Die Knollen der Dioscoreen und die Wurzelträger der Selaginellen. Flora, Bd. 95. 1905. p. 167.

4) Beiträge zur Morphologie und Anatomie der Dioscoreaceen. Bibl. Bot. Bd. 3. 1839.

5) l. c. p. 11.

überein, nämlich unter der Korkschicht liegt eine chlorophyllhaltige und keine Stärke enthaltende Rinde, dann kommen ein meristematisches Gewebe und Reserveparenchym in dieser Reihenfolge. Im Meristem sind die Initialzellen des Gefässbündels deutlich zu erkennen. Eine Initialzelle bildet sich, wie BUCHERER¹⁾ bei Knollen derselben Pflanze beobachtete, zu einem Gefässbündel um, während bei anderen Pflanzen eine Initialzelle und umliegende Zellen an der Bildung eines Gefässbündels Teil nehmen.

Zwischen den mit Stärke strotzend gefüllten Reserveparenchymzellen finden sich hie und da stärkefreie Zellen. Der Inhalt dieser Zellen sieht anfangs gelblich aus, wird aber sofort nach Einschneiden ganz braun. Diese Zellen sind nicht lang und etwas grösser als Reserveparenchymzellen. Sie enthalten, wie im folgenden erwähnt wird, Gerbstoff und stellen somit Gerbstoff-Behälter dar.

Raphidenzellen kommen reichlich in der Rinde vor, aber auch etwas reichlich im Reserveparenchym.

Wenn man im Längsschnitt der Bulbillen nach Stärke sucht, so sieht man, dass der Basalteil der Bulbillen keine Reaktion für diesen Stoff gibt. Dieser Teil besteht aus meristematischen Zellen, und ist noch teilungsfähig. Er sei somit als Wachstumszone bezeichnet.

Die Gefässbündel ordnen sich beim Querschnitt nicht im Ringe, sondern sehr unregelmässig, dennoch scheint das Verhältnis, dass der Gefässteil aussen und der Siebteil innen liegt, meist immer statt zu haben. Indessen wird diese Stellung durch Verzweigung des Gefässbündels zerstört, was in Knollen derselben Pflanze sehr stark geschieht.²⁾

1) *l. c.* p. 14.

2) BUCHERER, *l. c.* p. 13.

2. *Dioscorea japonica* (nom. jap. Yamanoimo oder Jinenjo).

Die Bulbillen sind ca. 1 cm lang, erbsenförmig, und in der Farbe dunkelbraun. Am etwas spitzigen Ende liegt eine Knospe, oft auch zwei. An der entgegengesetzten Seite der Knospen ist der Nährteil etwas rundlich und erscheint im Gegensatz zu anderen Stellen hell, denn dort entwickelt sich kein Kork.

Die Oberfläche ist durch Anlage von Wurzeln punktiert, welche sich unter der Rinde entwickeln. Die Struktur der Bulbillen stimmt gut mit der von *D. Batatas* überein. Unter der Rinde am hellen Ende ist das reichlichste Meristem, während es an anderen Stellen sehr spärlich ist. In den Parenchymzellen unter dem Meristem sind die Stärkekörner sehr klein und sie werden nach innen immer grösser. Die Rindenzellen gehen allmählich unmerklich, wie MOHL¹⁾ bei *Tamus elephantipes* bemerkte, zu den Zellen der die Knöspe bedeckenden Schuppen über.

Die Stärkekörner dieser Bulbillen sind grösser als die von *D. Batatas*, d. i. jene grossen Körner messen 25–33 μ , während diese höchstens 16–20 μ lang sind. Trotzdem zeigen die beiden ähnliche Formen. Sie sind zugleich monarche Körner und elliptisch oder oval, monadelphisch und exzentrisch.²⁾

3. *Laportea bulbifera* (nom. jap. Mukagoirakusa).

Den Knöllchen dieser Art begegnet man an der Blattachsel vom August bis zum Oktober. Ihre Länge ist ca. 5 mm. Sie sind braun und stellen gedrückte Kügelchen dar. Es befinden sich in ihnen ebenfalls einige Knospenteile (oft 10), unter denen man einen Hauptknospenteil zu finden pflegt. Anheftungsstelle der Bulbillen an der Mutterpflanze liegt nahe den Knospenteilen. Jeder einzelne Knospenteil besteht aus dem kurzen Stengel und

1) Bucherer, l. c. p. 17.

2) Vergl. A. MEYER: Ueber die Stärkekörner. 1895. p. 189.

einigen Vegetationspunkten, die mit Schutzschuppen dicht bedeckt sind. Unter der dünnen Korkschicht, die aus einigen Zellreihen besteht, liegt Reserveparenchym, dessen Zellen mit winzigen Chlorophyllkörnern versehen sind. Peripherisches Reserveparenchym enthält oft rotes Antocyan. Wir sehen oft eine Reihe Korkzellen, deren Radialwände mit den der Epidermis übereinstimmen. Daraus können wir schliessen, dass der Kork in diesem Falle aus Epidermis hervorgegangen ist.¹⁾ Ob alle Knospenteile (bis zu 10!) normal (nicht adventiv) sind, bleibt dahingestellt.

Am Schnitte erkennt man zwischen den Reserveparenchymzellen deutlich die stärkefreien oder wenig Stärke führenden Zellen, welche Schleim²⁾ enthalten.

Im Querschnitte sieht man einige zerstreute Gefässbündel; diese sind sehr spärlich an Siebröhren. Die Reserveparenchymzellen sind reichlich mit Stärkekörnern angefüllt, die stets klein und oval oder elliptisch, monadelphisch, monarch, exzentrisch und höchstens 10–16.6 μ lang sind.

4. *Elatostema umbellatum* var. *majus* (nom. jap. Mukagomidzu).

Diese Bulbillen reifen gegen Oktober und erreichen dann die Länge von einigen mm. Sie sind grün und herzförmig. An den beiden Enden befinden sich die Spuren der Trennung vom Stengel. Der Knospenteil, der aus einigen kurzen Sprossen besteht, befindet sich am stumpfen Ende. Dem Knospenteil anliegend ist die Trennungsstelle vom Blatt. Die Bulbillen besitzen auf der Oberfläche den Stengelknoten entsprechende Höcker.

Unter der Epidermis befindet sich Reserveparenchym, wel-

1) Vergl. HABERLANDT: Physiologische Pflanzenanatomie, III. Auflage p. 130.

2) Vergl. Tschirch: Angewandte Pflanzenanatomie. 1889. p. 125. u. 193. Ich konnte in den betreffenden Zellen je einen geschichteten Schleimklumpen (Schleimmembran) beobachten, indem ich die Schnitte in Alkohol (etwa 90%) legte.

ches reichlich Stärke und Chlorophyllkörper enthält. Eine Anzahl Parenchymzellen sind mit rotem Antocyan versehen, was ein schönes Aussehen des Schnittes zeigt.

Wie bei der letzten Art enthalten diese Bulbillen auch zwischen Reserveparenchymzellen Schleimzellen.

Gefässbündel stehen nicht im Ringe und verlaufen längs der langen Achse. Die Wurzelanlage entwickelt sich an der Seite der Gefässbündel. Die Stärkekörner sind der Form nach denen der *Laportea*-Bulbillen ähnlich und klein wie diese, höchstens 10-20 μ .

5. *Polygonum viviparum* (nom. jap. Mukagotoranoo).

Die Bulbillen treten am Blüthenschafte (oft gemischt mit Blumen) von Mai bis August auf. Sie sind rötlich-braun, einige mm lang, etwas ovoidförmig. Am Scheitelteil befindet sich eine mit Schuppen bedeckte Knospe.

Die Stärke ist auch in rindenartigen Zellen enthalten, die in zwei bis drei Schichten direct unter der Epidermis liegen. Dann folgt wie gewöhnlich Reserveparenchym, worin etwas Antocyan sich befindet. Alle Reserveparenchymzellen sind mit Chlorophyll und reichlicher Stärke versehen. An dem der Knospe nahen Teil entwickeln sich endogene Wurzelanlagen.

Gefässbündelstränge stehen ungefähr im Kreis und verlaufen parallel zur Längsachse. Die Knospe und die Nabelstelle stehen an entgegengesetzten Seiten einander gegenüber.

Stärkekörner sind sehr klein, höchstens 10 μ lang; sie sind auch monadelphisch.

6. *Begonia Evansiana* (nom. jap. Schūkaido).

Am Anfang Oktober kommen die etwas regelmässig ovoidförmigen, rotgrünen Bulbillen, 1-4 an ein und derselben Blattachsel, zuweilen zwischen den die Blumen einschliessenden Schuppen, hervor.

Der Scheitelteil enthält zwei Knospen, welche mit zwei Schuppen bedeckt sind. Die eine (Hauptknospe) liegt in der Mitte und ist grösser als die andere, etwas seitlich liegende Knospe (Nebenknospe). Die letztere fehlt oft, dagegen fehlen die Hauptknospe sowie eine dritte, welche wir zwischen zwei Schuppen des Nährteils finden und Seitenknospe nennen wollen, niemals. Der Vegetationspunkt ist gewöhnlich mit zwei Blattanlagen, oft mit anderen noch jüngeren Anlagen versehen. Zwei Schuppen, die über dem Nährteil verlaufen, sitzen an der den Knoten entsprechenden Stelle. Auf der Oberfläche findet man zahlreiche weisse Punkte und gerade an diesen Stellen befindet sich kein Kork, sondern die mehrschichtigen, chlorophyllosen, kleinen Parenchymzellen und demnächst die Rinde. Daher stellen die genannten Punkte Lentizellen dar. An anderen Stellen folgen Kork, Rinde und Reserveparenchym von aussen nach innen aufeinander. Einige Spaltöffnungen finden wir nur auf der lentizellenhaltigen Epidermis, während die letztere an anderen Stellen immer zerbrochen ist. Die äusserste Schicht des Korkes ist braun. Die mehrschichtige Rinde enthält, wie das Reserveparenchym, auch Stärke. Die Rinde und daran stossende Reserveparenchymzellen besitzen Antocyan und deutliches Chlorophyll, während dieses allmählich nach innen undeutlich wird.

Die Gefässbündel, aus welchen viele Zweige nach dem Untertheil der Rinde verlaufen, ordnen sich kreisförmig an. Die markständigen Gefässbündel¹⁾ des Stiels verschwinden in der Bulbille und der Gefässbündelring vergrössert sich nach der Peripherie und verkleinert sich wieder nach dem Scheitelteil der Bulbille.

Unter der Rinde findet man zuweilen Wurzelanlagen, welche

1) SOLEREDER: Systematische Anatomie der Dicotyledonen. 1899. p. 457.

sich unter den Lentizellen zu entwickeln scheinen.

Stärkekörner sind verschiedenförmig, monadelphisch, bisweilen diadelphisch; sie messen 40-50 μ , und so die grössten Körner in den von mir untersuchten Bulbillen aufweisend.

7. *Cacalia bulbifera* (nom. jap. Tamabuki).

Die Bulbillen treten im Oktober an der Blattachsel oder am Brakt der Inflorescenz auf. Sie sind ca. 1 cm lang, braunfarbig und mit ziemlich deutlich bemerkbarer Wurzelanlage versehen. Am spitzen Ende der ovoidförmigen Knöllchens befindet sich der Knospenteil, worin ein Vegetationspunkt von den mit üppigen Haaren versehenen Schuppen bedeckt ist. Ferner kommt eine Knospe (bisweilen zwei) seitlich nahe dem Stiel des Knöllchens hervor, welche oft sich selbst einen kleinen Nährteil bildet. Daher findet man in diesem Falle zwei Knöllchen (oft drei) vereinigt.

Ueber den Reserveteil ziehen sich einige Schutzschuppen, die aus den den Knoten entsprechenden Teilen hervorragen. Unter der Epidermis liegt eine Korkschicht, darunter kommt Rindengewebe. Der Harzgang, der aus einigen parenchymatischen Sekretzellen besteht, verläuft längs der Peripherie innerhalb der Rinde; innerhalb des Harzganges zieht der Gefässbündelring dem Harzgangkreise parallel durch. Die Wurzelanlage entwickelt sich dicht innerhalb des Gefässbündels, und durchbricht mit der Zeit die Rindenzellen. Die markparenchymatischen Zellen, welche den grössten Teil des Nährteils einnehmen, befinden sich innerhalb des Bündelrings.

Diese Knöllchen zeigen keine Reservestärke, sondern ein wenig transitorische Stärke in der Umgebung der Harzgänge, und reichlich Inulin sowohl in den Rindenzellen als auch in den Markzellen. (Sieh Kap. V. b.)

Charakteristisch ist bei dieser Pflanze, dass die Scheitelknospe des Stengels sich an der Bulbillenbildung beteiligen kann, dabei aber das Längenwachstum des Stengels gänzlich einstellt.

B. Zwiebelchen.

1. *Lilium tigrinum* (nom. jap. Oniyuri).

Diese Zwiebelchen finden sich gegen Juni an der Blattachsel vor und reifen gegen September, wo sie ca. 1 cm lang und dunkel-purpur werden. Die reifen Zwiebelchen bestehen aus fünf bis neun Schuppen, die einander sehr fest bedecken. Ein Vegetationspunkt setzt sich direkt auf dem Zwiebelkuchen an, woraus auch die Reserveschuppen hervorstossen. Der Vegetationspunkt teilt sich beständig während der Wachstumszeit und bildet neue Reserveschuppen. Auch Wurzeln ragen aus den Zwiebelkuchen hinaus, zuweilen schon während des Aufenthalts bei der Mutterpflanze.

Etwa drei äussere Reserveschuppen enthalten Antocyan in einer Schicht Zellen unter der Epidermis der Aussenseite, während die innere Seite es niemals besitzt. Diese Antocyan-Schicht und die darunter folgenden einschichtigen Zellen enthalten Chlorophyllkörner und wenige Stärkekörner. Innerhalb dieser Zellen folgen die mit Stärke stark gefüllten Reserveparenchymzellen. In der Innenseite der Schuppen befindet sich das Reserveparenchym direkt unter der Epidermis. Jede einzelne Schuppe wird von drei bis vier Gefässbündeln durchzogen. Die Stärkekörner stellen unregelmässige Formen dar, deren grosse Körner 30μ erreichen. Sie sind monadelphisch, monarch und exzentrisch. Am Rande und der Spitze der Schuppen sind die Stärkekörner klein und sehr spärlich, dagegen enthält die äusserste Schuppe die grössten Körner. In der Antocyan- und Chlorophyllschicht kann man die mit Chloroplasten verbundenen Stärkekörner finden. Die Spaltöffnungen befinden sich reichlicher an der äusseren Epidermis

der Schuppen als an der inneren.

2. *Allium scorodoprasum* (nom. jap. Ninniku).

Wir finden diese reifen Zwiebelchen vom Juli bis August zwischen Blumen auf der Inflorescenz, wo sie mit Blumen von einem gemeinsamen Brakte bedeckt sind. Sie sind 1.5 cm lang und bestehen aus einer Schutzschuppe, einer Reserveschuppe und einem von einigen Blättchen bedeckten Vegetationspunkt darunter. Alle diese sitzen auf dem Zwiebelkuchen.

In den Reserveschuppen unterscheidet man Epidermis und Reserveparenchym und zwar kommen an ihrer Innenseite unter der Epidermis die mehrschichtigen rindenparenchymatischen Zellen. Die Gefässbündelstränge ordnen sich in zwei Reihen; die äussere Reihe läuft nahe der Aussenseite und die innere nahe der Innenseite. Die Gefässbündelscheide ist immer getrübt, weil sie Allylsulfid enthält.¹⁾ Interessanterweise enthalten die um die Gefässbündel herumliegenden Parenchymzellen das Chlorophyll. Die Schutzschuppe ist gelbbraun und sehr derb, denn sie ist mit der radial verlängerten und verholzten Epidermis versehen. Unter der Epidermis liegen einschichtige antocyanhaltige und mehrschichtige Zellen aufeinander.

3. *Allium nipponicum* (nom. jap. Nobiru).

Die Zwiebelchen desselben reifen von Mai bis Juni ebenso an der Inflorescenz mit Blumen gemengt. Sie sind ca. 5 mm lang und von einer Schuppe bedeckt, die nicht zu derb ist. Die Zwiebelchen bestehen aus zwei bis drei Reserveschuppen und dem darin liegenden, von Blättchen umhüllten Vegetationspunkt. Ein Gefässbündelring zieht vom Zwiebelkuchen nach oben durch jede Reserveschuppe, in der sich die Epidermis und das Parenchym

1) Vergl. Kap. V. b.

unterscheiden lassen. Die zwei letztgenannten Arten speichern keine Stärke auf.

4. *Sedum Alfredi* (nom. jap. Komochi-mannengusa).

Diese Zwiebelchen treten im Juni an der Blattachsel auf und reifen im August, wo sie sogleich auf den Boden fallen. Sie sind meist aus vier Reserveschuppen (oft zwei) und kurzem Stengel gebildet. Jede Reserveschuppe lässt Epidermis und Reserveparenchym unterscheiden, welch letzteres reichlich Stärke mit Chlorophyll gemischt enthält. Man kann bei ihnen nicht mehr deutlich Palissaden- und Schwammparenchym unterscheiden. Die Zellschichten am Querschnitte der Reserveschuppe sind ca. zweimal so dick als die Zellschichten des echten Blattes derselben Pflanze. Etwa vier Gefässbündelstränge verlaufen der Oberfläche parallel.

Stärkekörner sind monadelphisch, diadelphisch, oder triadelphisch und exzentrisch oder konzentrisch, und selbst diarche Körner¹⁾ sind nachzuweisen. Gewöhnlich sind die Stärkekörner klein, höchstens, 16-23 μ lang. Wenn man einen Schnitt durch die Reserveschuppe in Alkohollösung von Sublimat taucht und dann mit Fuchsin färbt,²⁾ so kann man die von Leucoplasten umschlossenen Stärkekörner erkennen.

IV. WACHSTUMSERSCHEINUNGEN.

Ich konnte bei den von mir untersuchten Bulbillen wenigstens drei Modi des Wachstums unterscheiden, d. i. A) Anschwellung der Sprossachsen, B) Anschwellung der Knospenschuppen und C) Anschwellung der Stengelknoten.

1) Vergl. MEYER: l. c.

2) STRASBURGER: l. c. p. 127.

A'). Anormale Anschwellung der Sprossachsen.

Ich fand bei *Dioscorea japonica*, dass eine oder zwei Knospenachsen unterhalb einer oder zwei sprosswerdenden Knospen bei ihrem weiteren Anwachsen sich anschwellend zu einer Bulbille vereinigen. Epidermis der Knöllchen setzt sich ungebrochen zur Epidermis des Stengels fort, und der exogene Ursprung oder die Stengelnatur des Knöllchens ist deutlich zu erkennen. Wegen des Mangels an Versuchsmaterial konnte ich leider nicht unterscheiden, ob die Knospen der Bulbillen adventiv waren.¹⁾

Das Wachstum der Knöllchen dieser Art ist nicht normal und in Folge des Seitwärtswachstums nähern sich die Knospen und die Anheftungsstelle, und die Wachstumszone stellt sich den Knospen entgegengesetzt. Diese Zone ist, in Folge der Abwesenheit des Korks hellfarbig. GOEBEL²⁾ fand, dass diese Stelle im nächsten Jahre wieder zu wachsen vermochte.

Wenn die Knöllchen noch kleiner als 1 mm sind, bestehen sie aus Epidermis und Meristem, und enthalten wenige kleine Stärkekörner. Erst am ca. 1 mm langen Knöllchen entwickelt sich die Rinde und das Reserveparenchym, welches nach und nach die Stärke aufspeichert.

Der Durchmesser einer Reserveparenchymzelle in dieser Zeit misst 33-50 μ und die grösseren Stärkekörner erreichen die Länge von 16-20 μ .

Wenn die Knöllchen eine Länge von 2 mm erreichen, bildet sich Kork unter der Epidermis.³⁾ Bei 3 mm langen Knöllchen

1) Vergl. Arbeiten von Miss DALE und von GÖBEL.

2) Flora 1905 l. c. p. 188.

3) Nach BUCHERER scheint das Periderm bei den Knöllchen von *D. Batatas* sich aus der Rinde zu entwickeln, wie man das Gleiche auch bei den meisten Dicotyledonen beobachtet.

misst der Durchmesser des Reserveparenchyms ca. $66-90\mu$, und die grösseren Stärkekörner werden ca. $25-33\mu$ lang.

Somit scheint die Entwicklung der Knöllchen von *Dioscorea japonica* früher fortzuschreiten als die Entwicklung der Knöllchen von *D. sativa*, bei welcher nach Miss DALE¹⁾ die Rinde erst in 2 mm langen Knöllchen und der Kork in 25 mm langen auftritt.

Die Erscheinung, dass Anheftungsstelle und Knospen der Knöllchen sich nähern, zeigt sich auch bei den Knöllchen von *Laportea bulbifera* und noch deutlicher bei *Dioscorea Batatas*. QUEVA verglich diese Form mit „Ovule anatrophe.“²⁾ Die Knöllchen von *D. Batatas* sind lang; denn die Wachstumszone richtet sich nach dem Boden, daher können wir das Verhältnis sehr deutlich beobachten. Wenn auch der Stengel durch seine Schwere invers oder durch andere Einflüsse etwas horizontal hängt, richtet sich die Wachstumszone dennoch immer nach dem Boden hin; man erkennt daran deutlich den positiven Geotropismus der Wachstumszone.

Mit der Zeit übertrifft die Länge die Dicke, z. B.

Die grösste Länge in mm=L. Die grösste Dicke in mm=D.

L.	7	7	7	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8
D.	5	6	7	6	6	6	5	7	6	7	6	6	6	6

L.	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9
D.	6	6	6	7	6	6	6	7	6	6	7	7	6	7	7

L.	9	9	12	13	13	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15
D.	7	7	9	9	8	8	8	7	8	10	8	9	9	8	8

1) Annals of Botany. vol. 15. l. c.

2) QUEVA l. c. p. 316.

L.	15	16	16	16	16	17	17	17	18	22	36
D.	9	7	8	8	9	8	7	8	8	8	12

Daraus erhält man ungefähr das Verhältnis :—

Wenn die Länge kleiner als 10^{mm} ist: $L-D \leq 2^{mm}$.

Wenn die Länge grösser als 10^{mm} ist: $L-D \geq 3^{mm}$.

A''). Normale Anschwellung der Sprossachsen.

Bei *Begonia Evansiana* wachsen die Bulbillen normal an, und Knospen und Stiel nähern sich nicht nur nicht, sondern stehen immer an opponierten Enden. Ich fand die Entwicklung folgendermassen:

Die Bulbillen treten anfangs an Stengelknoten als kleine exogene Knospen auf, welche dicht mit Schuppen eingehüllt sind. Solange sie noch nicht über ca. 1 mm lang sind, weichen sie nicht so sehr von den gewöhnlichen Knospen ab. Von diesem Zustande an werden sie nach und nach grösser in Länge sowie in Dicke. Bei der Länge von 2 mm kommen sie aus den Schuppen heraus und bei der Länge von mehr als 3 mm bieten sie deutlich die Form der Bulbillen dar. Sie tragen dennoch bei der Trennung von der Mutterpflanze vier Schuppen, während die Schuppen, die die Bulbille anfangs einhüllten, nach der Trennung an der Mutterpflanze bleiben.

Die 1 mm langen Bulbillen bestehen aus Epidermis, Rinde und Reserveparenchym. Die letzteren Zellen sind nur ca. 33 μ lang und die in diesen enthaltenen Stärkekörner höchstens 6.6 μ . Erst wenn die Bulbillen grösser als 2 mm werden, entwickelt sich der Kork unter der Epidermis. Dieser wird recht bemerkbar, wenn die Bulbillen 3 mm messen. Die 3 mm langen haben Parenchymzellen von ca. 66 μ Länge und Stärkekörner von ca.

23 μ . Bei 7 mm langen Bulbillen messen die Parenchymzellen ca. 100 μ und die Stärkekörner ca. 40—50 μ .

Die in regelmässigen Reihen geordneten Zellen, die nach und nach ihren Zellinhalt verlieren, treten beim Stiel der 2—3 mm langen Bulbillen dicht nahe dem Reserveparenchym hervor. Beim Reifen fallen sie von dieser Partie getrennt ab.

Als Eigentümlichkeit beobachtete ich am horizontal gelegten Stengel, dass die an diesem produzierten Bulbillen nach oben gerichtet wuchsen. Hierdurch kann man den negativen Geotropismus beim Wachstum der Bulbillen konstatieren. Allein die schon gewachsenen Bulbillen haben keineswegs diesen Charakter, weil es da erfolglos blieb, wenn ich die mit Bulbillen versehenen Stengel horizontal gelegt hatte.

Die Bulbillen von *Polygonum viviparum* und *Cacalia bulbifera* scheinen auch, wie bei *Begonia*, normal entstanden zu sein.

B). Anschwellung der Knospenschuppen.

Wir finden diesen Typus des Wachstums bei Zwiebelchen. Ich beobachtete bei dem Zwiebelchen von *Lilium tigrinum*, dass sie an der Blattachsel als exogene Knospen auftreten. Die etwa 2 mm langen Zwiebelchen bei dieser Art bestehen aus einem Vegetationspunkt und zwei Blättchen, welche kleine Stärkekörner (etwa 16 μ), aber keine Aleuronkörner besitzen. Die 3 mm langen Zwiebelchen haben meistens drei Blättchen, und die 4 mm langen gewöhnlich vier Blättchen, deren zwei äussere kein ungeformtes Eiweiss, sondern runde Aleuronkörner enthalten, während die zwei inneren dieser ermangeln und nur ungeformtes Eiweiss besitzen. Die ca. 5 mm langen bestehen aus fünf Blättchen, deren äusserste Blättchen die grössten Stärkekörner (etwa 30 μ) besitzen. Die ca. 9 mm langen Zwiebelchen haben sechs Blättchen, deren drei äussere das geformte (Aleuronkörner) und

drei innere das ungeformte Eiweiss einschliessen. Die meisten reifen Zwiebelchen bestehen aus fünf bis sechs Blättchen, wenn ich auch bei 22 mm langen Zwiebelchen neun Blättchen bemerkte. Es ist also klar, dass der Vegetationspunkt immer durch seine Teilung die Blätter ergibt. Ich fand an der Blattanlage und Basis der jungen Blättchen eine deutliche indirekte Kernteilung. Dagegen an älteren Blättchen kann man nur das Anwachsen der Reserveparenchymzellen beobachten, z. B.

Die Reserveparenchymzellen der äussersten Blättchen

der 2 mm langen Zwiebelchen: 66 μ lang,

der 6 mm langen Zwiebelchen: 100 μ lang,

der 8 mm langen Zwiebelchen: 120 μ lang.

Die Stärkekörner sind im äussersten Blättchen am reichsten und am grössten. Sowohl die Ränder als auch die Spitze des Blättchens enthalten kleine und spärliche Stärkekörner.

Bei den von vier Blättchen sich bildenden Zwiebelchen besitzt das äusserste Blättchen die Stärkemenge von 4 Grad, das zweite von aussen die von 4—3 und das dritte die von 3.

Die Zwiebelchen von *Allium scorodoprasum*, *A. nipponicum* und *Sedum Alfredi* bilden sich auch durch Anschwellung der Blättchen. Bei *A. scorodoprasum* vergrössert sich nur ein Blättchen, während bei *A. nipponicum* zwei bis drei Blättchen anschwellen. Das reife Zwiebelchen von *Sedum* besteht aus vier (oft zwei) stark verdickten Blättchen.

C). Anschwellung der Stengelknoten.

Ich konstatierte diesen Modus nur an Knöllchen von *Elatostema umbellatum* var. *majus*, wo die Stengelknoten allmählich die Stärke aufspeichern und benachbarte Zellen nach und nach ihren Inhalt verlieren. Die verdickte Partie wird undurchsichtig und trennt

sich mit der Achselsprosse an dem einer Trennschicht ähnlichen Teil los, welcher dicht ausserhalb der stärkeführenden Zellen liegt. Der Gefässbündelverlauf wird durch Anschwellung sehr stark gestört.

Ein ähnliches Beispiel scheinen die von J. GLABISZ untersuchten Knöllchen von *Ceropegia Woodii*¹⁾ darzubieten. Bei dieser Pflanze vergrössern sich nach ihm die Stengelknoten und die Stengelinternodien zu Knöllchen.

V. KEIMUNG.

Durch die Untersuchungen von MÜLLER-THURGAU,²⁾ PFEFFER³⁾, VÖCHTING,⁴⁾ SCHMID,⁵⁾ KLEBS,⁶⁾ JOHANNSEN⁷⁾ und MOLISCH⁸⁾ ist bekannt geworden, dass die Ruheperiode der Pflanzen oder Pflanzenorgane durch die Veränderung des Mediums vielfach abgekürzt oder ganz beseitigt werden kann. Meine eigenen zu diesem Zweck an Bulbillen ausgeführten Versuche sind nicht hinreichend, um einen bestimmten Schluss daraus zu ziehen. Nur sei erwähnt, dass die im Mittel-Herbst in das Gewächshaus (wo ca. 20° C. herrscht) gelegten Bulbillen von *Begonia Evansiana* ihre Ruheperiode ungefähr zwei Monate abgekürzt haben. Hingegen entwickelten sich die im Gewächshause überwinterten Bulbillen

1) Morphologische und physiologische Untersuchungen von *Ceropegia Woodii*. Beih. z. Bot. Centralbl. Bd. 23. Heft 2, p. 65—136. 1908. Vergl. auch VELENOVSKY: Morphologie der Pflanzen II, p. 667.

2) Landw. Jahrb. Bd. 11, p. 816. 1882. & Bd. 14, p. 903. 1885.

3) Pflanzenphysiologie. Bd. 2, p. 259. 1904.

4) Zur Physiologie der Knollengewächse. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 34, p. 133. 1900.

5) Ueber die Ruheperiode der Kartoffelknollen. Ber. Deut. Bot. Ges. Bd. 19, p. 81. 1901.

6) Willkürliche Entwicklungsänderungen bei Pflangen. p. 137. 1903.

7) Aetherverfahren.

8) Warmbadmethode. Bot. Centralbl. Bd. 108, Nr. 19. 1907.

von *D. Batatas* ungefähr zwanzig Tage später als bei der Kontrolle, während die am 12. oder 16. Feb. ins Gewächshaus eingebrachten Exemplare ungefähr einen Monat früher als bei Kontrolle austrieben. Ich führe die letztere Tatsache, wie DETMER, auf den Grad des Zuckerverbrauchs zurück. Meiner Beobachtung nach machten die jüngeren Bulbillen eine längere Ruhezeit als die älteren durch.

Die Ruheperiode der Bulbillen von *D. Batatas* (Rasse „Tsukune“) zu beseitigen gelang mir sehr bemerklich dadurch, dass ich diese Pflanzen, die ich aus Bulbillen kultivierte, im Dunkelzimmer halten liess. Dieselbe Erscheinung beobachtete ich an den an einem sehr nassen Standorte gewachsenen Pflanzen. Diese beiden Beobachtungen und die an anderen Pflanzen von mir gefundenen Tatsachen (ich erntete im Durchschnitt grössere Bulbillen bei den der Blumen beraubten Pflanzen von *Lilium tigrinum*¹⁾ und *Begonia Evansiana*, als bei der Kontrolle) waren jedoch zu unvollkommen, um die Bedingungen der Bulbillenbildung daraus zu analysieren; doch hoffe ich in Zukunft Genaueres zu ermitteln.

a. KEIMUNGSVORGAENGE.

Wenn Bulbillen aus der Ruhe aufwachen, treiben sie meist zuerst Wurzeln und später erst Sprossen oder Blätter. Bei allen Zwiebelchen entwickeln sich die endogenen Wurzeln aus Zwiebelkuchen und bei Knöllchen aus der Oberfläche des Nährteils. Beispiele für die letzteren sind *D. Batatas*, *D. japonica*, *Begonia Evansiana*, *Cacalia bulbifera*, *Elatostema umbellatum* var. *majus* und *Polygonum viviparum*. Bei *Lilium*-Zwiebelchen ist die Wurzelbildung sehr stark und findet im Lichte oft schon statt, wenn die Zwiebelchen noch der Mutterpflanze aufsitzen.

1) Vergl.: Dufour, Sur les bulbilles aériennes du *Lilium tigrinum*. Bot. Centralbl. Bd. 60, p. 117. 1894.

Die Wurzelbildung der Knöllchen von *D. Batatas* wurde weder von QUEVA noch MISS DALE beobachtet, indessen betont GÖBEL, dass diese Bildung vom Austrocknungsgrad beeinflusst wird, weil er sie sehr oft im feuchten Zustand finden konnte. Meine Beobachtung steht im Einklang mit der von GÖBEL. Jedoch konnte ich auch Wurzelbildung bei zahlreichen im Dunkeln getrocknet aufbewahrten Bulbillen finden. Also scheint es, dass die Wurzelbildung durch Lichtmangel befördert wird.

Im Gegensatz zur Wurzelbildung kann der Spross bei Bulbillen von *D. Batatas* und *Begonia Evansiana* selbst im Trocknen sich entwickeln. Aber er wächst wegen des Mangels an Wasser nicht grösser als einige mm.

Bei der Keimung der Bulbillen von *Allium scorodoprasum*, *A. nipponicum* und *Polygonum viviparum* kommen nur Blätter, aber keine Sprossen vor. Zwiebelchen von *Lilium tigrinum* zeigen gewöhnlich nur Blätter, doch zuweilen auch Sprossen (wahrscheinlich bei starken Zwiebelchen).

Die Bulbillen von *Sedum*, *D. Batatas*, *D. japonica*, *Begonia* und *Elatostema* treiben immer Sprossen aus, und zwar konnte ich im ersten Jahre die Keimlinge von *Begonia* zur Blumenbildung und Knöllchenbildung, und die von *D. Batatas* zur Knöllchenbildung heranwachsen lassen.

Nach VÖCHTING¹⁾ entwickeln sich die Apikalknospen der Kartoffelknollen besonders früh und kräftig. Ich beobachtete dergleichen auch an den Knöllchen von *Begonia* und *Cacalia*. Bei ersteren entwickelt sich oft eine Seitenknospe, welche die Hauptknospe sogleich ersetzt, wenn diese beschädigt wird. Bei letzteren dagegen entwickelt sich gewöhnlich nur eine Hauptknospe. Bei

1) Ueber die Bildung der Knollen, l. c. p. 4—8.

Knöllchen von *D. Batatas* keimt auch eine unter ein bis drei Knospen. Also scheint es sehr wahrscheinlich, dass die Knospen der Knöllchen zu einander in Korrelation stehen.

Ferner beobachtete ich das Bildungsvermögen des Adventivsprosses bei den Bulbillen von *Begonia* und *D. Batatas*. 2 mm und 4 mm dicke Querschnitte am knospenlosen Teil der Knöllchen von *Begonia* wurden hergestellt und auf sterilisierten feuchten Sand gelegt, welcher im Teller unter einer Glasglocke gehalten wurde. Der Versuch begann am 22. März; ich konnte am 3. Mai den einige mm langen Spross an beiden Schnitten bemerken.

Die 3 mm und die 4 mm dicken Querschnitte der Knöllchen von *D. Batatas* (Rasse „Ichinenimo“) wurden wie in obiger Weise behandelt. Diese Stücke blieben vom 6. April bis Ende April unverändert. Am Anfang Mai entwickelte sich der Adventivspross und am Ende Juni bildete sich die Knollenanlage an der Basis des Sprosses. Bei dieser Erscheinung konnte ich eine bestimmte Polarität der Bulbillen nicht konstatieren.

Ich hatte das Glück an Bulbillen-Trieben von *Begonia* und *D. Batatas* interessante Knollenbildungen verfolgen zu können. Bei *Begonia* beginnt die Knollenbildung an ca. 10 cm langen Trieben, während sie sich bei *D. Batatas* an ca. 20 cm langen deutlich erkennen lässt. Der aus den Bulbillen hervorgewachsene Stengel von *Begonia* wird an seinem basalen Teil etwas horizontal. An diesem Teil, einige mm entfernt von den Bulbillen, befinden sich einige Schuppen und eine Knospe. Dies muss daher zweifellos der erste Knoten sein. Der Stengel vergrößert sich nahe der Knospe allmählich nach unten und hier wird reichlich Stärke aufgespeichert. Sowohl oberhalb als auch unterhalb der Knollenanlage hat der Stengel einen Gefässbündelring, während in der

Knolle diese Anordnung stark gestört ist. Die Knolle bildet sich aus Epidermis, Rinde und Reserveparenchym, welches letztere von Gefässbündeln durchzogen wird. Diese Rinde setzt sich allmählich zur Rinde des Stengels fort, was uns lehrt, dass die Knolle durch Anschwellung des Gewebes innerhalb der Rinde entsteht. Mit der Zeit nimmt ihre Grösse zu und damit verkleinern sich die Bulbillen, welche Ende Oktober ganz verfaulen. Merkwürdig ist es, dass der Kork in der Knolle sich unter der Rinde entwickelt.

Daraus folgt notwendig, dass *Begonia*-Knollen zweifellos als Stengelnatur zeigend betrachtet werden müssen und die Wachstumsweise ähnlich wie bei der Bulbillenbildung von *Elatostema umbellatum* var. *majus* ist.

Auch die Knollen von *D. Batatas* entstehen auf ähnliche Weise, und zwar dicht nahe den Bulbillen, was also die Beobachtung erschwert. Macht man Längsschnitte durch den Stengel and die Knollenanlage von *D. Batatas*, so beobachtet man sehr deutlich den exogenen Ursprung der Knollen, wodurch sich die Knollen von den Wurzeln endogenen Ursprungs unterscheiden lassen. Tatsächlich gehen die Wurzeln sowohl aus den Knollen selbst, als auch aus dem Stengel nahe den Knollen endogen hervor. Das Gefässbündel des Stengels dicht nahe der Knolle verläuft unregelmässig und es bildet sich einige mm oberhalb der Knolle erst eine Anordnung von Ringen. An dem durch unregelmässig verlaufende Gefässbündel durchzogenen Teil vermehren sich die Zellen zwischen der Rinde und dem Bündel. Der entsprechende Teil speichert mit der Zeit Stärke auf und dringt mit der Rinde in den Boden. Dies ist der Anfang der Knollen. An der Spitze haben sie immer Meristem unter der Rinde und an der Basis bringt das Meristem allmählich Reserveparenchym hervor. Man

ersieht an der Basis der Knollen eine Knospe, welche von Schuppen bedeckt ist. Diese Knospe entwickelt sich im nächsten Jahre zum Stengel. Daher darf man sagen, dass die Knollen an dem aus Knöllchen entstandenen Stengel sich durch die Anschwellung des ersten Internodiums bilden.

Ich habe bei den Knollen positiven Geotropismus konstatiert, dennoch beeinträchtigt diese Tatsache nicht die Annahme, dass das Organ zu dem Stengel gehört, denn ich beobachtete, dass den Bulbillen, deren Stengelnatur bereits klar gestellt wurde, auch dieselbe Eigenschaft zukommt.

Das Meristem der Knollen unter der Rinde scheint auch, wie es bei Bulbillen diesbezüglicher Pflanzen gefunden wird, mit dem Vegetationspunkt der Wurzel nicht homolog zu sein.

Nur die Polarität¹⁾ der Knollen ist wurzelähnlich, doch zweifelhaft, ob dieser Charakter nicht durch Anpassung an positiven Geotropismus eingetreten d. i.; sekundärer Natur sei.

Aus Obigem geht deutlich hervor, dass die an Knöllchen-Trieben entstandenen Knollen von *Dioscorea Batatas* zweifellos Stengelnatur besitzen, obgleich sie infolge der Anpassung etwas differenziert sind. Dasselbe gilt auch von *Dioscorea japonica*.

Im folgenden will ich nun verschiedene einander widersprechende Angaben über die Knollenbildung von *Dioscoreaceae* erwähnen.

DE BARY (1877)²⁾ unterschied drei Arten von Knollen bei *Dioscoreaceae*, d. i.

1. Knollig angeschwollene Wurzel.....*D. Batatas*.
2. Schuppig beblätterte, aus vielen

1) In Japan pflegt der Landwirt diese Pflanze durch die an abgeschnittenen Knollen entstandenen Adventivsprossen fortzupflanzen, welche immer an dem Stengelpol der Knollen entstehen.

2) Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne, p. 640.

Internodien aufgebaute Rhizome....*D. villosa*.

3. Blattlose Knollen, hervorgegangen

aus der Anschwellung des ersten epicotylen

Internodiums.....*Tamus communis*.

T. polycarpus,

Testudinaria und

manche *Dioscorea*-Arten.

BUCHERER (1889)¹⁾ bestätigte an *Tamus* die Knollenbildung der dritten Kategorie DE BARYS und fand dieselbe auch bei *D. sinuata*. Aber er konnte bei *D. Batatas* kaum dieselbe Erscheinung finden, sondern bemerkte hier wurzelähnliche Eigenschaften.

Nach QUEVA (1894)²⁾ entstehen die Knollen von *D. illustrata* und *D. discolor* aus Anschwellung der zwei ersten Internodien und einer Partie des Hypocotyls. Er bemerkte interessanterweise an *D. illustrata* die aus Wurzelverdickung hervorgehenden Knollen, wo sich ein „multipolar faisceau“ der Wurzel allmählich nach Knollen hin zu einem „unipolar faisceau“ umbildet. Infolgedessen betrachtete er die letzteren Knollen als differenzierte Wurzeln.

GÖBEL (1905)³⁾ verdanken wir die Beobachtung, dass die Entstehungsweise der Knollen an Bulbillen-Trieben von *D. Batatas* sich ähnlich wie bei Keimlingen verhält.

Er konnte deutlich den exogenen Ursprung der Knollen im Gegensatz zur Wurzelbildung finden. Auch fand er die aus Wurzeln gebildeten Knollen, wie QUEVA bei *D. illustrata*, bei *D. eburnea*, var. *fusca*. Er verglich die *Dioscorea*-Knollen mit den Wurzelträgern der Selaginellen und betrachtete jene als

1) *l. c.* p. 5.

2) *Recherches sur L'anatomie de L'appareil végétatif des Taccacées et des Dioscorées*, Lille.

3) *Flora*, *l. c.*

mittelwertiges Organ zwischen Spross und Wurzel. Seine Behauptungen werden etwa in folgenden Sätzen zusammengefasst :

- 1) Anatomischer Bau und Entstehungsmodus sind ähnlich wie beim Stengel.
- 2) Den Knollen kommen folgende wurzelähnliche Eigenschaften zu: dass sie im Jugendstadium Wurzelhaare besitzen, dass sie den mit Dauergewebe eingehüllten Vegetationspunkt haben, dass etwaige Knollen aus der Wurzel entstehen und dass die Polarität der Knollen wurzelähnlich ist.

Gegen die Annahme GÖBELS hat L. LINDINGER (1906)¹⁾ Einwand gemacht, indem er die dicke Wurzel von *D. discolor*, *D. eburnea*, und *D. illustrata* untersuchte. Nach ihm haben diese aus Wurzeln entstandenen Knollen zweifellos eine Wurzelnatur, weil diese Knollen aus Stengelknoten endogen hervorkommen und deutlich eine Wurzelhaube am Vegetationspunkte besitzen, so dass der von der echten Wurzel abweichende Bau der Knollen ganz ausser Acht gelassen werden kann.

Aus dem vorhergehenden sieht man wohl, dass die morphologische Natur der *Dioscorea*-Knollen bei verschiedenen Arten der Gattung nicht gleich (homolog) sein kann.

b. UMSATZ DER RESERVESTOFFE.

Kohlenhydrate.

Stärke ist im Reserveparenchym der meisten Bulbillen gesättigt aufgespeichert, z. B. bei *Lilium tigrinum*, *Sedum Alfredi*, *Dioscorea Batatas*, *D. japonica*, *Laportea bulbifera*, *Elatostema*

1) Ueber den morphologischen Wert der an der Wurzel entstandenen Knollen einiger *Dioscorea*-Arten. Beih. z. Bot. Centralbl. Bd. 21. Heft 3.

umbellatum var. *majus*, *Polygonum viviparum* und *Begonia Evansiana*. Aber sie fehlt immer in den Vegetationspunkten dieser Bulbillen.¹⁾ Bei *Allium scorodoprasum*, und *A. nipponicum* befindet sie sich eine Zeit lang nach der Ernte in geringer Menge und verschwindet fast vollkommen im Ruhestadium. Umgekehrt kommt Stärke bei der Keimung wieder vor, z. B. bei den 1—2 cm lange Blätter getrieben habenden Bulbillen von *A. scorodoprasum* tritt eine kleine Menge von Stärke auf, während sie bei Bulbillen mit ca. 10 cm langen Blättern wieder verschwindet. Die Bulbillen von *Cacalia bulbifera* haben eine geringe Menge von Stärke neben Glycose nur in der Umgebung der Harzgänge, woraus sich MEK²⁾ einen Uebergang von Stärke in den Harz vorstellte. Beim Austreiben der *Cacalia*-Bulbillen kommt auch Stärke ziemlich reichlich neben einer grossen Menge von reduzierendem Zucker vor, welche beide, wie unten gezeigt werden soll, auf Zersetzung des Inulins zurückzuführen sind.

Die Stärke entleert sich rasch sobald das Austreiben beginnt. Es sei hier hervorzuheben, dass die Stärke sich bei *Lilium*-Zwiebelchen zuerst an der äussersten Schuppe entleert; z. B. bei Bulbillen, welche ca. 3 cm lange Wurzeln getrieben haben, bleibt die Stärke nur in der Umgebung des Gefässbündels der äussersten Schuppe; oft verfault diese Schuppe, dann nimmt die Stärke der zweiten Schuppe von aussen etwas ab. Hier scheint die Stärke der inneren Schuppen jedenfalls unverändert zu bleiben.

In der verkümmerten Schuppe ist die Glycose am reichsten vorhanden und die zweite Schuppe ist reicher an ihr als die dritte oder vierte Schuppe, während man nur Spuren in fünfter und

1) Vergl. SHIBATA: Beiträge zur Wachstumsgeschichte der Bambusgewächse. Jour. Sci. coll. Imp. Univ. Tokyo. vol 13, p. 464. 1900.

2) Comptes rendus. T. 104, p. 525, 1337. CZAPEK, Biochemie. II, p. 634.

keine im Vegetationspunkt findet. In der Rinde der Wurzel findet man Stärke und Glycose in geringer Menge.

Wenn die Bulbillen dieser Art im April ca. 1 cm lange Sprossen entwickelt haben faulen die äusserste und die zweite Schuppe, und der Stärkegehalt der dritten Schuppe ist 0—1, der vierten 2, aber die fünfte, sechste und siebente Schuppe bleiben unverändert. In den von Stärke entleerten Schuppen ist Glycose je nach dem Entleerungsgrad der Stärke vorhanden. Sie wird zum Stengel transportiert, wo sie sowohl in Rinde als auch im Mark neben transitorischer Stärke ziemlich reichlich sich vorfindet.

Das Verhältnis, dass die Stärke zuerst in der äussersten Schuppe sich zu entleeren beginnt, gilt auch bei *Sedum Alfredi*, wo in ca. 3 cm lange Sprossen getriebenen Zwiebelchen zwei äussere Schuppen ausser der Umgebung des Gefässbündels fast vollkommen ihre Stärke verbrauchen und dabei ausserordentlich viel Glycose bekommen, während zwei innere Schuppen noch reichlich Stärke enthalten.

Bei den auf 10 cm lange Sprossen getriebenen Bulbillen von *D. Batatas* finden wir einen Stärkegehalt von 1—2 im Reserveparenchym und bei den auf 40 cm lange Sprossen getriebenen 0—1 nur in der Umgebung¹⁾ des Gefässbündels, woran man leicht den Gefässbündelverlauf erkennen kann. In dem getriebenen Stengel kommt Stärke nur im Sclerenchymring und im anliegenden Parenchym in geringer Menge vor. Glycose findet sich hier reichlicher im Mark als in der Rinde.

Ich beobachtete bei *Begonia*- und *Elatostema*-Bulbillen auch Stärkeentleerung, infolge deren reichlich Glycose entsteht.

Gewöhnlich kommt reduzierender Zucker reichlich mit der

1) BUCHERER fand das gleiche in den Knollen der betreffenden Art.

Entleerung der Stärke. Dennoch findet man ziemlich reichlich Glycose bei ruhenden Zwiebelchen von *Lilium* und *Sedum*, wenn auch in beiden noch keine Umwandlung der Stärke stattfindet.

In Zwiebelchen von *Allium scorodoprasum* und *A. nipponicum* ist die Glycose im Ruhezustande kaum zu finden. Doch erhält man eine starke Reaktion durch FEHLINGSCHE Lösung, indem man die Schnitte der betreffenden Zwiebelchen mit verdünnter Salzsäure einige Sekunden kocht und dann ins Reagens eintaucht. Dies zeigt zweifellos das Vorhandensein von Rohrzucker. Ausserdem stellen die Schnitte himmelblaue Färbung durch SACHS' Methode dar, und auch die Zuckerreaktion von MOLISCH lehrt uns deutlich die Anwesenheit von Zucker, während Stärke und Glycose sich hier fast nicht befinden. Die äussere Reserveschuppe von *A. nipponicum* scheint den Rohrzucker reichlicher aufgespeichert zu haben als die innere Schuppe.

Es ist eine sehr interessante Tatsache, dass Glycose beim Austreiben der Zwiebelchen letzterer beiden Arten bemerkbar neu gebildet wird. Sie kommt in den Reserveschuppen, den getriebenen Blättern und den Wurzeln vor (namentlich in der Rinde der letzteren). Jedoch kann man in Blättern und Wurzeln auch Rohrzucker mit Glycose finden. In welcher Weise dieser Rohrzucker gebildet wird, lässt sich nur vermuten. WAECHTER¹⁾ fand auch bei der Keimung der Zwiebeln von *Allium cepa* die Zunahme von reduzierendem Zucker, welche durch die Abnahme von invertierbarem Zucker begleitet wird.

Invertierbarer Zucker scheint auch in ruhenden Bulbillen von *Lilium tigrinum*, *D. Batatas*, *D. japonica*, *Begonia* und *Cacalia* in

1) Ueber das Verhältnis der in den Zwiebeln von *Allium cepa* vorkommenden Zuckerarten. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 45 p. 232. 1907.

geringen Mengen vorzukommen. In *Cacalia*-Bulbillen sind Stärke, Glycose und Rohrzucker im Ruhen sehr spärlich, Inulin jedoch sehr reichlich vorhanden, wovon man durch nicht zu konzentrierten Alkohol schöne Sphaerokrystalle erhalten kann. Bei der Keimung dieser Bulbillen ergibt sich sehr reichlich reduzierender Zucker neben geringer Stärke. Nach SACHS scheint es, dass jeder Zellstoffbildner zuerst transitorisch in die Stärke übergehen muss. Er beobachtete bei der Keimung von *Dahlia*-Knollen Zucker und kleine Stärkekörner, welche beide auf Kosten von Inulin zustande kommen müssten.¹⁾

Es ist beachtenswert, dass die im Ruhen viel Zucker enthaltenden Zwiebelchen von *Lilium*, *Sedum*, *Allium scorodoprasum*, *A. nipponicum* eine kurze Ruhezeit durchlaufen und die meisten Knöllchen dagegen überwintern, welche mit Stärke strotzend gefüllt sind und wenig Glycose besitzen. (Als Ausnahme für die Knöllchen sind nur die Bulbillen von *Polygonum* zu betrachten).

Gewöhnlich fehlt Zucker, wie Stärke, im Vegetationspunkt. So konnte ich Glycose in Vegetationspunkten der Bulbillen von *Lilium*, *Cacalia*, und *Sedum* nicht finden. Bei Knöllchen von *D. Batatas* fehlt die Glycose in den Vegetationspunkten, sowie in den dicht anliegenden Schuppen.

FETTES UND ÄTHERISCHES OEL.

Im allgemeinen ist Fett sehr spärlich in Bulbillen zu finden, aber Kohlenhydrate sind immer reichlich vorhanden, wie oben erwähnt. Dasselbe Verhältnis gilt auch bei den unterirdischen Speicherorganen,²⁾ obwohl das Fett in Stärke-Samen oft reichlich vorkommt.

1) Ueber die Stoffe, welche das Material zum Wachstum der Zellhäute liefern. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 3, p. 193 u. 219. 1863

2) Czapek, Biochemie, Bd I. p. 127–138

Ich konnte sehr wenig Fett in den Bulbillen von *Lilium*, *D. Batatas*, *D. japonica* und *Begonia* beobachten, und gar nicht in den von *Sedum*, *Cacalia*, *Laportea*, *Elatostema* und *Polygonum*. In Zwiebelchen von *Allium scorodoprasum* und *A. nipponicum* findet sich Fett in geringer Menge, welches auch dann unverändert bleibt, wenn das Fett in getriebenen Wurzeln und Blättern vorkommt. Also ist es wahrscheinlich, dass letztere Fette aus Zucker hervorgegangen sind.

Harz wird nur im Harzgange von *Cacalia bulbifera* gesättigt gefunden. Bei der Herstellung der Schnitten fließt es über die ganze Oberfläche. Eine Abnahme des Harzes konnte ich bei dem Austreiben der Knöllchen nicht bemerken.

Nach VOIGT¹⁾ kommt Allylsulfid in Gefäßbündelscheide und Epidermis der Zwiebeln oder Blätter von *Allium victorialis*, *A. coerulescens*, *A. sativum*, *A. cepa*, *A. ursinum*, *A. urceolatum*, *A. fistulosum*, *A. Moly* und *A. porrum* vor. Er betrachtete diesen Stoff als Stoffwechselproduct, weil er durch alle Lebenszustände unverändert blieb. Ich beobachtete bei den Zwiebelchen von *A. scorodoprasum* und *A. nipponicum* diesen Stoff nur in den Gefäßbündelscheiden, aber nie in der Epidermis. Das Allylsulfid verschwindet auch noch nicht aus den Zwiebelchen, wenn diese 10 cm lange Blätter treiben, und bildet sich neu in den Gefäßbündelscheiden der Blätter. Also glaube ich, dass es ein Stoffwechselproduct,²⁾ vielleicht von Eiweiss ist, weil ich immer in den Gefäßbündelscheiden der Blätter reichlich Protein gefunden habe.

1) Lokalisierung des aetherischen Oels in den Geweben der *Allium*-Arten. Bot. Centralbl. Bd. 41. p. 202. 1889.

2) CZAPEK, Biochemie, Bd II. p. 232 und 238.

GERBSTOFF.

Dieser Stoff ist in Zwiebelchen wenig zu finden, und ich konnte ihn gar nicht in den Zwiebelchen von *Allium* und *Sedum* treffen. Bei *Lilium*-Zwiebelchen befindet er sich nur in einer Antocyan enthaltenden Zellreihe unter der Rinde. Dagegen haben ihn alle Knöllchen im allgemeinen reichlich. Bei den Knöllchen von *D. Batatas* und *D. japonica* kann man sehr bemerkliche Gerbstoffschläuche beobachten.¹⁾ Sie enthalten keine Stärke, sondern nur eine gelbe Lösung strotzend darin, die bei der Verletzung der Schläuche rasch überfließt und sofort braun wird. Ich bemerkte nur in diesen Zellen deutliche Gerbstoff-Reaktion. Das Braunwerden bei den Schläuchen von *D. japonica* ist langsamer und undeutlicher als bei den von *D. Batatas*. Daher versuchte ich Oxydase-Reaktion an den Schnitten der beiden Knöllchen mit Guajakharz-Tinctur, und Peroxydase-Reaktion mit Peroxydwasserstoff und Guajakharz-Tinctur, obwohl diese Reaktionen oft unzuverlässig sind.²⁾

Eigentümlicherweise fehlte Oxydase-Reaktion in den Knöllchen von *D. japonica*, und nur Peroxydase-Reaktion war zu finden, während die Knöllchen von *D. Batatas* deutlich Oxydase-Reaktion zeigten. Deshalb scheint die Oxydation des Gerbstoffs nur durch Oxydase verursacht zu werden.³⁾ An den oben genannten Schläuchen versuchte ich die durch ZOPF⁴⁾ unternommenen Reaktionen, was sich folgendermassen kund gibt:

a) Dunkelroter Niederschlag nach der eine Nacht dauernden

1) Vergl. Kap. III dieser Arbeit.

2) CZAPEK, Biochemie, Bd. II. p. 438—470.

3) Vergl. Aso, K., A physiological function of oxydase in Kaki-fruit. Bot. Magazine, Tokyo, vol. 14. p. 179

4) Ueber die Gerbstoff-und Antocyan-Behälter der Fumariaceen p. 30. 1886.

Einwirkung von Kaliumbichromat.

- b) Ebenso durch Millons Reagenz.
- c) Blauschwarz durch schwefelsaures Eisenoxyd.
- d) Grün durch Ammoniak oder kohlen-saures Ammoniak.
- e) Goldgelb durch Aetzkali.
- f) Blutrot durch konzent. Salpetersäure.
- g) Dunkelrot durch konzent. Schwefelsäure.

Daher darf man diese Zellen als Gerbstoffschläuche bezeichnen. Es ist mir zweifelhaft, ob die gelbe Lösung in diesen Schläuchen das Vorhandensein von gelbem Antocyan zeigt.

In Reserveparenchym der Knöllchen von *Laportea* und *Elatostema* zerstreuen sich hie und da die Gerbstoffzellen, welche aber mit Stärke gemengt sind. Bei Knöllchen von *Begonia* hat jede Reserveparenchymzelle eine geringe Menge von Gerbstoff, weil alle Zellen mit Eisenvitriol-Lösung schwach reagieren. Bei *Cacalia*-Knöllchen kommt der Stoff nur im Parenchym zwischen den Harzgängen vor.

Der Gerbstoff von Bulbillen scheint nicht weiter zur Verwendung zu kommen, weil ich in den Bulbillen von *Lilium*, *D. Batatas*, *Cacalia*, *Elatostema* und *Begonia* keine Verminderung desselben beobachten konnte, selbst wenn sie einige cm lange Sprosse getrieben hatten. Gleiches fand KRAUS¹⁾ an Rhizom von *Saxifraga crassifolia* u. a.

Ich fand nichtsdestoweniger die Bildung von authochthonem Gerbstoffe²⁾ in den Wurzelspitzen von *Cacalia*- und *Elatostema*-Knöllchen und auch in den Primärblättern des aus Knöllchen ausgetriebenen Sprosses von *Begonia*. Die letztere Art des

1) KRAUS: Grundlinien zu einer Physiologie des Gerbstoffes. p. 20.

2) Ebenda p. 53.

Gerbstoffes vermag sich nach KUTSCHER¹⁾ am weiteren Stoffwechsel zu beteiligen.

AMIDE UND EIWEISS.

Amide sind bei Bulbillen nur in geringer Menge vorhanden. Bei den jungen Bulbillen von *Lilium*, *Allium*, und *Dioscorea*, wo sich Protein immer reichlich findet, kommt Asparagin nur in sehr geringer Menge vor, und trotz vielen Bemühungen war ich nicht imstande es bei den nur wenig Eiweiss enthaltenden Bulbillen von *Begonia*, *Elatostema*, *Laportea* und *Cacalia* zu finden. Dagegen scheint der grösste Teil von Eiweiss als solches in die Bulbillen transportiert worden zu sein, weil ich immer reichlich Protein in den Siebröhren der jungen Bulbillen gefunden habe. Es ist also ersichtlich, dass der Eiweissregenerationsprocess²⁾ bei der Entstehung der Bulbillen sehr träge ist.

Tyrosin ist noch spärlicher als Asparagin, und nur eine Spur von ersterem fand ich in Knöllchen von *Cacalia* und *D. Batatas*.

Eiweiss befindet sich reichlich im Reserveparenchym der Bulbillen von *Allium scorodoprasum*, *A. nipponicum*, *Lilium*, *Dioscorea Batatas* und *D. japonica*, während es in den Bulbillen von *Sedum*, *Begonia*, *Cacalia*, *Elatostema*, und *Polygonum* sehr wenig, und in den Knöllchen von *Laportea* ziemlich reichlich vorhanden ist. In den Knöllchen von *Dioscorea* scheint der grösste Teil des Proteins als Mucin vorhanden zu sein. Nach J. ISHII³⁾ beträgt das Mucin 8 % der Trockensubstanz in den Knollen von *D. Batatas*, welche 11.74 % des Rohproteins umfassen. Ich konnte Mucin in den Knöllchen der betreffenden Art auch makroskopisch nach ISHII

1) Ueber die Verwendung der Gerbsäure im Stoffwechsel der Pflanze. Flora, XLI 1883, p. 33.

2) Vergl. SHIBATA l. c. p. 479.

3) On the occurrence of Mucin in plants. Bull. Coll. Agric. Tokyo, Vol. III. 1897 p. 97.

beobachten. Mikroskopisch untersucht findet man Protein reichlich gemischt mit Stärke in den Reserveparenchymzellen sowohl der Knollen, als auch der Knöllchen. Ich konstatierte an dem Austreiben der Knöllchen von *D. Batatas* fast vollständiges Verschwinden des Eiweisses aus dem Parenchym und dabei wenig Asparagin in Knöllchen selbst, aber ziemlich reichlich Asparagin in Knöllchentrieben. Diese Tatsachen brachten mir den Gedanken nahe, dass Mucin vielleicht im Reserveparenchym der Knöllchen von *D. Batatas* als Nährstoff mit anderem Protein aufgespeichert ist, und zum Austreiben der Knöllchen verwendet wird.

Ein Teil des Proteins in den Zwiebelchen von *Lilium* ist in der Form von Aleuronkörnern vorhanden. Sie sind rundlich oder oval, und jedes Korn befindet sich in einer Hülle. Bei den 4 mm langen aus drei Schuppen bestehenden Zwiebelchen haben zwei äussere Schuppen als Protein nur Aleuronkörner, und die folgende Schuppe und der Vegetationspunkt nur ungeformtes Eiweiss. Ferner fand ich bei 9 mm langen Zwiebelchen in drei äusseren Schuppen nur Aleuronkörner und der vierten Aleuronkörner neben formlosem Protein, in der fünften, sechsten und dem Vegetationspunkte nur formloses Protein. Oft stellen die Zwiebelchen folgende Verteilung dar: zwei äussere Schuppen haben nur Aleuronkörner und zwei folgende Schuppen Aleuronkörner neben formlosem Protein und die fünfte, sechste und der Vegetationspunkt nur formloses Protein.

Bei der Keimung der Zwiebelchen verschwinden die Aleuronkörner zuerst aus der äussersten Schuppe. An Zwiebelchen, welche ca. 3 cm lange Wurzeln getrieben hatten, konstatierte ich in deren Schuppen folgende Verteilung der Eiweisskörper: die äusserste Schuppe war verkümmert und die zweite zeigte

nur wenig ungeformtes Eiweiss; hingegen hatte die dritte Schuppe nur wenige Aleuronkörner, welche theils die Hülle brachen, theils sich verflüssigten, und dabei kam formloses Eiweiss an den von Aleuronkörnern freien Stellen reichlich hervor. Die Schuppen innerhalb der dritten waren unverändert in ihrem Proteinstoffe. Meine Beobachtung über die Verflüssigung der Aleuronkörner, wie eben erwähnt, scheint von der WERMINSKI¹⁾ abzuweichen, nach welchem die Aleuronkörner bei der Keimung der sie enthaltenden Samen sich zu Vacuolen oder Bläschen umbilden lassen. Von den verflüssigten Aleuronkörnern konnte ich, wie WERMINSKI gelang, durch Entziehung des Wassers mit Glycerin oder Exsiccator nicht wieder geformte Aleuronkörner herstellen.

Bei den Zwiebelchen-Trieben von *Lilium* fand ich kein Asparagin in den Wurzeln, doch konnte ich ziemlich reichlich Asparagin in dem 1 cm langen Stengel finden, der aus den Zwiebelchen hervortrieb. In letzterem Falle verkümmerten die zwei äusseren Schuppen vollkommen und die dritte hatte nur eine Spur von formlosem Protein; die vier inneren Schuppen sind noch mit reichlichem, formlosem Eiweiss, aber mit keinen Aleuronkörnern versehen.

MINERALSTOFFE.

Phosphor kommt in den Bulbillen von *Lilium*, *Sedum*, *Dioscorea Batatas*, *Begonia*, *Laportea* und *Elatostema* reichlich, und in *Allium scorodoprasum* und *Cacalia* in geringen Mengen vor.

Magnesium befindet sich in den Zwiebelchen von *Lilium* und *Sedum* in grossen Mengen, und in den Bulbillen von *Allium scorodoprasum*, *D. Batatas*, *D. japonica*, *Begonia*, *Cacalia*, *Laportea* und *Elatostema* in geringen Mengen. In den Knöllchen der zwei

1) Ueber die Natur der Aleuronkörner, Ber. Deut. Bot. Ges. Bd. 6. p. 199. 1888.

letzteren scheint Magnesium mit Phosphor vorwiegend in Schleimzellen vorhanden zu sein. Daher darf man vermuten, dass Magnesium hier als Phosphat vorkommen kann. Ich fand Phosphor und Magnesium, obwohl die Erscheinung abnormal scheint, in den Vegetationspunkten der Bulbillen von *Cacalia*, *Begonia*, *D. Batatas* und *Lilium*.

Kalium ist in den Bulbillen auch reichlich vorhanden (siehe Tabelle auf S. 42). Dass Sulfat-Reaktion in anderen Bulbillen als in den von *Allium scorodoprasum* sich nicht vollzieht, kann man vielleicht, wie SCHIMPER vermutete, auf die den Niederschlag erschwerenden Stoffe zurückführen.

Nitrat tritt in den Knöllchen von *Cacalia* und *D. Batatas* auf, doch fand ich es nicht in den Bulbillen von *Lilium*, *Allium scorodoprasum*, *Begonia*, *Laportea*, *Elatostema* und *D. japonica*. Chlor ist, wie man aus der Tabelle sieht, in den meisten Bulbillen reichlich vorhanden.

Calcium ist auch in den meisten Bulbillen als Krystalle von verschiedenen Formen gefunden worden. Wenn aber dasselbe nicht als Krystalle auftrat, konnte ich es nicht in frischen Schnitten nachweisen, sondern nur in Aschen.

Bei dem Austreiben der Bulbillen ist das Verschwinden von Phosphor deutlich zu erkennen. In den stark verkümmerten Schuppen von *Lilium*-Zwiebelchen sehen wir sehr wenig Phosphor, und Magnesium reichlich, sowohl in der Rinde der Wurzeln, als auch im Mark des Stengels, aber gering in der Rinde des Stengels. In den Knöllchen-Trieben von *D. Batatas* beobachtete ich im Mark Magnesium und Phosphor reichlicher als in der Rinde. Diese Beobachtung scheint im Einklang mit SCHIMPERS Meinung zu stehen.¹⁾

1) Vergl. SCHIMPER, l. c. p. 223.

Ferner fand ich deutlich die Verminderung des Chlors in dem von Stärke entleerten Parenchym der Bulbillen von *Lilium* und *D. Batatas*, wo ich nur in dem den Gefässbündeln umliegenden Parenchym Chlor neben Stärke etwas reichlich finden konnte.

In 15 cm langen Trieben aus Bulbillen von *D. Batatas* und in 1,5 cm langen Stengeln aus Knöllchen von *Cacalia*, konnte ich keine Abnahme des Nitrats finden. Die Frage ist nun, ob Nitrat noch nicht verbraucht oder neu gebildet ist.

Nach dem obigen verhält sich der Modus der Ablagerung der Mineralsalze in den Bulbillen ähnlich wie im Rhizom, weil die ersteren selbst im Ruhestadium Mineralsalze im allgemeinen reichlich und selbstständig, ohne Verbindung mit organischen Salzen, enthalten.

Zum Schlusse spreche ich meinen hochverehrten Lehrer, Prof. K. Fujii, für seine vielfachen Ratschläge und Belehrungen über Anatomie und Organographie der Pflanzen meinen herzlichsten Dank aus.

Reservestoffe bei reifen ruhenden Bulbillen.

	Pflanzen-Namen	Stärke	Lösliche Kohlehydrate	Oel	Gerbstoff	Eiweiss u. Amide	Mineralstoffe
Zwiebelchen	<i>Lilium tigrinum</i> GAWL.	Sehr reich	Glycose reich	fettes Oel sehr gering	Sehr gering	Eiweiss reich (teils als Aleuronkörner). Asparagin sehr gering. kein Tyrosin	P u. Mg reich. K reich. Ca nur in Aschen. kein Nitrat u. Sulfat. Cl gering.
	<i>Allium scorodoprasum</i> L.	Sehr gering od. fehlend	Glycose sehr gering. Nicht reduzierender Zucker sehr reich.	fettes Oel in geringer Menge. Allylsulfid in Gefäßbündelscheide.	fehlend	Eiweiss reich Asp. sehr gering. kein Tyrosin	P und Mg gering. K ziemlich reich. Ca nur in Aschen. Nitrat : kein. Cl u. Sulfat reich.
	<i>Allium nipponicum</i> FR. et SAV	do.	do.	do.	do.	Eiweiss reich	
	<i>Sedum Alfredi</i> HCE.	Sehr reich	Glycose reich	kein fettes Oel	do.	Eiweiss sehr gering	P und Mg reich. K reich. Ca oxal. (Pyramide) gering. Nitrat : kein.
Knöllchen	<i>Dioscorea Batatas</i> , DCNE.	Sehr reich	Glycose ziemlich reich. Rohrzucker gering	fettes Oel sehr gering	reich (nur in Gerbstoff-Behältern)	Eiweiss reich (teils als Mucin) Asp. sehr gering. Ty. kein od. sehr gering	P reich. Mg gering. Ca. ox. (Raphid) reich. K ziemlich reich. Nitrat reich. Sulfat : kein. Cl gering.
	<i>Dioscorea japonica</i> THUNB.	do.	Glycose gering. Rohrzucker gering	do.	do.	Eiweiss reich (teils als Mucin)	Wie oben, aber Nitrat fehlend
	<i>Begonia Evansiana</i> ANDR.	do.	do.	do.	gering	Eiweiss gering	P reich. Mg gering. K ziemlich reich. Ca. ox. (Pyramide) reich. Nitrat : kein. Sulfat : kein. Cl reich.
	<i>Cacalia bulbifera</i> MAXIM.	Sehr gering od. fehlend	Inulin sehr reich. Glycose sehr gering. Rohrzucker gering	kein fettes Oel. Harz im Gange	do.	Eiweiss sehr ger. Asparagin fehlend. Tyrosin oft gering	P u. Mg gering K gering. Ca nur in Aschen Nitrat reich. Sulfat : kein. Cl reich.
	<i>Laurostea bulbifera</i> WEDD.	Sehr reich	Glycose gering	kein fettes Oel	reich	Eiweiss ziemlich reich	P reich. Ca.ox. (sternförmig) gering.
	<i>Elatostema umbellatum</i> Bl. var. <i>majus</i> . MAXIM	do.	do.	do.	do.	Eiweiss gering	Mg (vielleicht als Phosphat) gering. K u. Cl gering. Nitrat u. Sulfat : kein.
	<i>Polygonum viviparum</i> L.	do.	do.	do.	do.	Eiweiss sehr gering.	

VI. ZUSAMMENFASSUNG DER HAUPTRESULTATE.

1. Bulbillen lassen sich in zwei Formen unterscheiden, nämlich:
 - a) Luftzwiebelchen (z. B. *Lilium tigrinum* u. a.)
 - b) Luftknöllchen (z. B. *Dioscorea Batatas* u. a.)
2. Die von mir untersuchten Bulbillen stellen drei Modi des Wachstums dar, d. i.
Anschwellung
 - a) der Sprossachsen (z. B. *Dioscorea Batatas* u. a.)
 - b) der Knospenschuppen (z. B. *Lilium tigrinum* u. a.)
 - c) der Stengelknoten (z. B. *Elatostema umbellatum*, var. *majus*.)
3. Die aus Bulbillen-Trieben entstandenen Knollen von *Dioscorea Batatas* scheinen zuverlässig Stengelnatur zu haben, obwohl sie infolge der Anpassung etwas differenziert sind.
4.
 - a) In Bulbillen, wie in den meisten Rhizomen, kommen Kohlenhydrate als Hauptreservestoffe vor. Mineralstoffe sind überall, selbst im Ruhestadium, reichlich zu finden.
 - b) Allylsulfid und Gerbstoff bleiben in Bulbillen bei der Keimung unverändert.
 - c) Aleuronkörner stehen in den Zwiebelchen von *Lilium tigrinum* mit formlosem Protein in Korrelation.
 - d) Mucin scheint in den Reserveparenchymzellen der *Dioscorea*-Bulbillen als Reservestoff aufgespeichert zu sein.

INHALTSVERZEICHNIS.

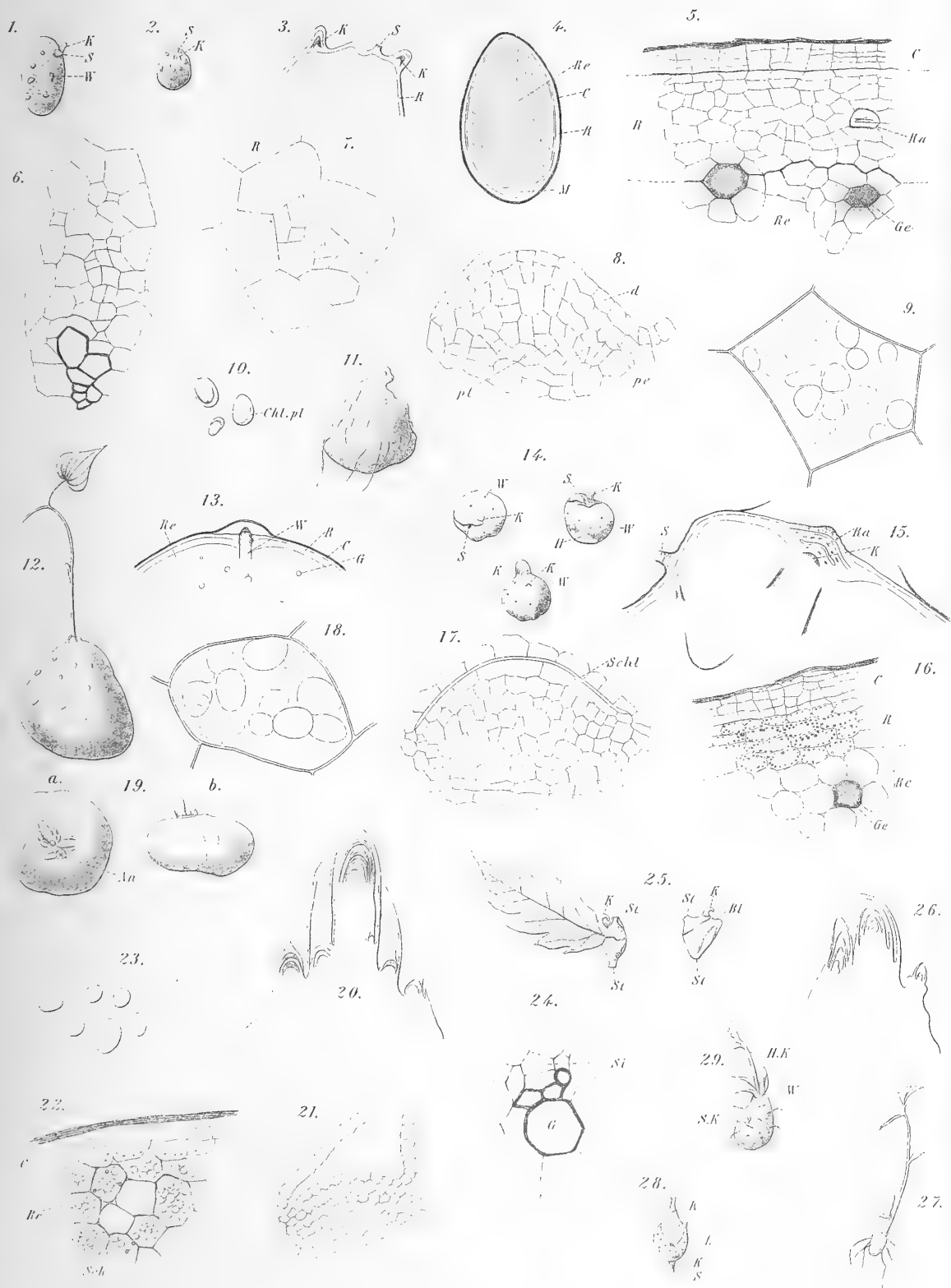
	Seite.
I. Einleitung	1.
II. Methodik und Versuchsmaterial	2.
III. Form und Struktur der reifen Bulbillen	4.
IV. Wachstumserscheinungen.	16.
V. Keimung	22.
a. Keimungsvorgänge	23.
b. Umsatz der Reservestoffe	29.
VI. Zusammenfassung	43.

LEBENSGESCHICHTE DER STENGEL-BULBILLEN EINIGER ANGIOSPERMEN.

TAFEL I.

- Fig. 1.** Reifes Luftknöllchen von *Dioscorea Batatas* (Stammpflanze: Nagaimo). Nat. Grösse. *S* Stiel, *K* Knospe, *W* Wurzelanlage.
- Fig. 2.** Junges Knöllchen, das in Länge und Dicke fast gleich ist. *D. Batatas* (Nagaimo). Nat. Grösse. *K*, *S* wie oben.
- Fig. 3.** Zwei Knospen (*K*) und Stiel (*S*) bei einem Knöllchen. *D. Batatas* (Nagaimo). *R* Rinde, Vergr. ca. 10.
- Fig. 4.** Wachstumszone (*M*) unter der Rinde des den Knospen entgegengesetzten Endes. *C* Kork, *R* Rinde, zwei Mal vergrößert. (Nagaimo.)
- Fig. 5.** Querschnitt durch Reserveteil der Luftknöllchen von Nagaimo. *C*, *R* wie oben, *Ra* Raphidenzelle, *Ge* Gerbstoffschlauch. *Re* Reserveparenchym, wo Stärkekörner, um das Gewebe durchsichtig zu machen, durch Chloralhydrat beseitigt wurden. Vergr. 85.
- Fig. 6.** Ein Gefässbündel in Knöllchen von Nagaimo. Vergr. 370.
- Fig. 7.** Eine Initialzelle des Gefässbündels in Knöllchen von Nagaimo. Vergr. 600.
- Fig. 8.** Vegetationspunkt der Knospen der Luftknöllchen von Nagaimo. *d* Dermatogen, *pe* Periblem, *pl* Plerom. Vergr. 600.
- Fig. 9.** Eine Reserveparenchymzelle mit Stärkekörnern. (Nagaimo.) Vergr. 600.
- Fig. 10.** Chloroplasten (*Chl. pl.*) mit Stärkekörnern in peripherischen Reserveparenchymzellen, Nagaimo. Vergr. 600.
- Fig. 11.** Wurzeltreibendes Luftknöllchen von *D. Batatas* (Kultursorte Tsukune.)
- Fig. 12.** Sprosstreibendes Luftknöllchen von *D. Batatas* (Kultursorte Teimo.)
- Fig. 13.** Wurzelanlage (*W*) und zerstreute Gefässbündel (*G*) beim Querschnitte der Luftknöllchen von *D. Batatas*, Stammpflanze, etwas vergrößert.

- Fig. 14.** Drei Luftknöllchen von *D. japonica*. *K, S, W* wie oben, *H* helles Ende.
- Fig. 15.** Längsschnitt durch Knospe und Stiel der Knöllchen von *D. japonica*. *Ra* Raphidenzelle. Vergr. 60.
- Fig. 16.** Querschnitt der Luftknöllchen von *D. japonica*. Vergr. 85. Bezeichnung wie oben.
- Fig. 17.** Vegetationspunkt der Knospe der Luftknöllchen von *D. japonica*. *Schl* Schlitz zwischen Vegetationspunkt und Schutzschuppe. Vergr. 370.
- Fig. 18.** Eine Reserveparenchymzelle mit Stärkekörnern von *D. japonica*. Vergr. 600.
- Fig. 19.** Ein Luftknöllchen von *Laportea bulbifera* von oben (*a*) und den Seiten (*b*) gesehen. Hier sind drei grosse und sieben kleine Knospenteile zu beobachten. *An* Anheftungsstelle. Vergr. 3.
- Fig. 20.** Querschnitt durch Knospenteil der Luftknöllchen von *Laportea*. Sechs Vegetationspunkte sind zu sehen. Vergr. 30.
- Fig. 21.** Vegetationspunkt der Knospen der Luftknöllchen von *Laportea*. Vergr. 370.
- Fig. 22.** Querschnitt durch den Reserveteil der Luftknöllchen von *Laportea*, *C* und *Re* wie oben. *Sch* Schleimzelle. In *Re* befinden sich reichlich Stärkekörner. Vergr. 370.
- Fig. 23.** Exzentrische Stärkekörner von *Laportea*. Vergr. 600.
- Fig. 24.** Ein Gefässbündel in den Knöllchen von *Laportea*. Vergr. 370.
- Fig. 25.** Luftknöllchen von *Elatostema umbellatum* var. *majus*. *Bl* abgetrennte Stelle des Blattes, *St* abgetrennte Stelle des Stengels, *K* Knospenteil.
- Fig. 26.** Längsschnitt durch Knospenteil der Knöllchen von *Elatostema*. Vergr. 30.
- Fig. 27.** Gekeimtes Luftknöllchen von *Elatostema*.
- Fig. 28.** Ein Luftknöllchen von *Begonia Evansiana*, *K, S* wie oben, *L* Lentizelle.
- Fig. 29.** Gekeimtes Luftknöllchen von *Begonia*. Hauptknospe (*H.k.*) Seitenknospe (*S.k.*) und Wurzel sind entwickelt.

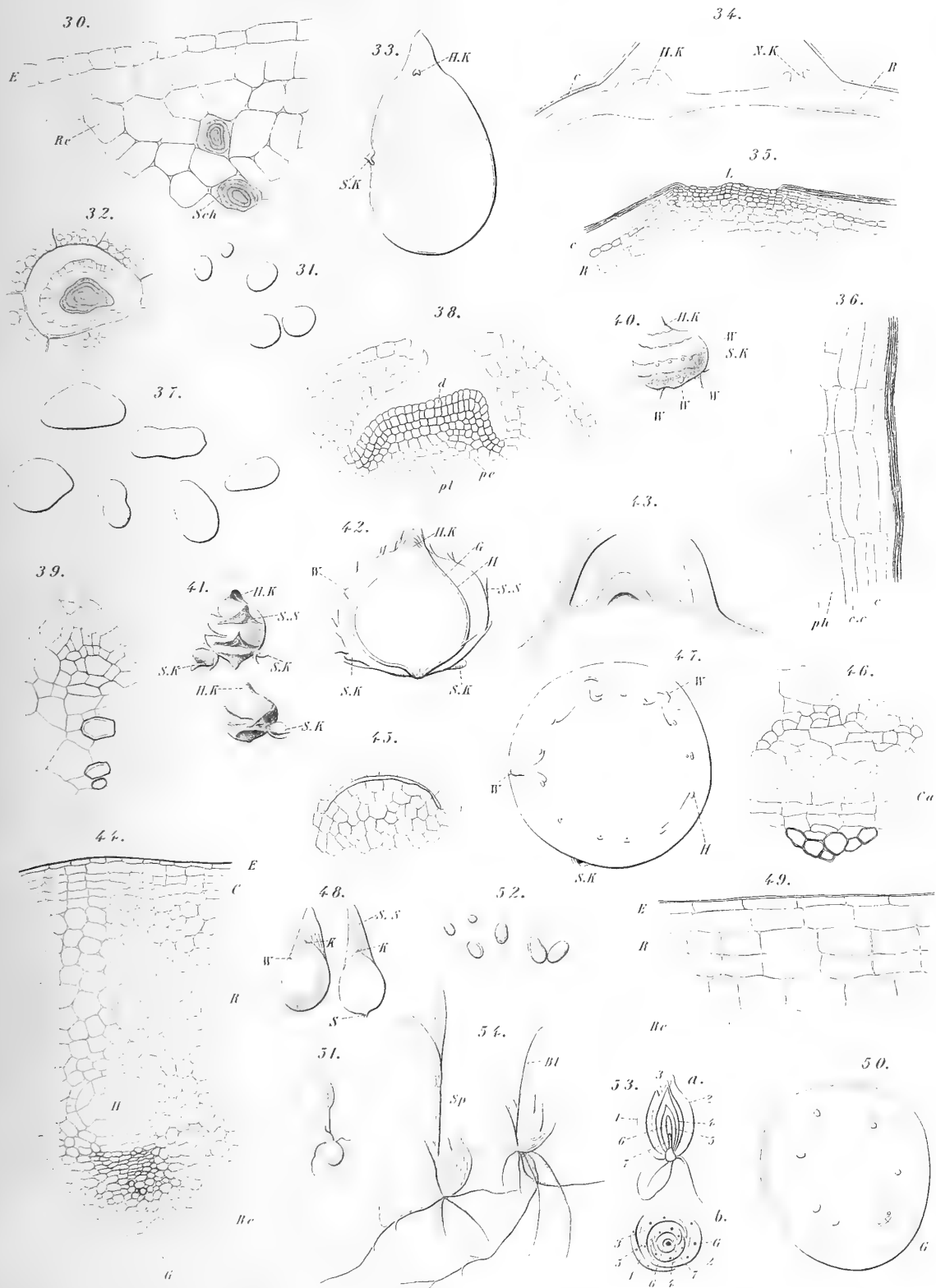


LEBENSGESCHICHTE DER STENGEL-BULBILLEN EINIGER ANGIOSPERMEN.

TAFEL II.

- Fig. 30.** Querschnitt durch Reserveteil der Luftknöllchen von *Elatostema*, *E* Epidermis, *Seh* und *Re* wie oben. Stärkekörner sind beseitigt. Vergr. 370.
- Fig. 31.** Stärkekörner in den Knöllchen von *Elatostema*. Vergr. 600.
- Fig. 32.** Eine Schleimzelle in den Knöllchen von *Elatostema*. Vergr. 370.
- Fig. 33.** Längsschnitt durch Seitenknospe und Hauptknospe (*H.k*) der Luftknöllchen von *Begonia*. Vergr. ca. 3.
- Fig. 34.** Längsschnitt durch Haupt- und Nebenknospe (*N.k*) an der Spitze der Luftknöllchen von *Begonia*. Vergr. 60.
- Fig. 35.** Querschnitt durch eine Lentizelle (*L*) der Luftknöllchen von *Begonia*. *C*, *R* wie oben. Vergr. 85.
- Fig. 36.** Querschnitt der Knöllchen von *Begonia*. *C* Kork, *c.c* Phellogen, *ph* Phelloderm. Vergr. 370,
- Fig. 37.** Monadelphische und diadelphische Stärkekörner der Luftknöllchen von *Begonia*. Vergr. 600.
- Fig. 38.** Längsschnitt durch Vegetationspunkt der Luftknöllchen von *Begonia*. Vergr. 370.
- Fig. 39.** Ein Gefässbündel in den Luftknöllchen von *Begonia*. Vergr. 600.
- Fig. 40.** Ein Luftknöllchen von *Cacalia bulbifera*. Schutzschuppen (*s.s*) wurden weggenommen. *W*, *H.k*, *S.k*, wie oben.
- Fig. 41.** Ein oder zwei Seitenknospen sind zum Knöllchen vergrössert. *s.s* Schutzschuppen. *Cacalia bulbifera*.
- Fig. 42.** Längsschnitt durch Knospen und Stiel der Knöllchen von *Cacalia*. Schutzschuppen grösstenteils entfernt. *H* Harzgang. Etwa zweimal vergrössert.

- Fig. 43.** Längsschnitt durch Hauptknospe der Knöllchen von *Cacalia*. Schutzschuppen behaart. Vergr. 60.
- Fig. 44.** Querschnitt durch Reserveteil der Knöllchen von *Cacalia*. *E, C, R, G, H, Re* wie oben. Vergr. 85.
- Fig. 45.** Ein Vegetationspunkt der Knöllchen von *Cacalia*. Vergr. 370.
- Fig. 46.** Ein Gefäßbündel in den Knöllchen von *Cacalia*. *Ca* Cambium. Vergr. 370.
- Fig. 47.** Querschnitt der Knöllchen von *Cacalia*. *W, G, H, S.k.* wie oben.
- Fig. 48.** Längsschnitt der Luftknöllchen von *Polygonum viviparum*. *K, S, s.s, W,* wie oben. Vergr. 3.
- Fig. 49.** Längsschnitt durch Reserveteil der Knöllchen von *Polygonum*. *E, R, Re,* wie oben. Vergr. 270.
- Fig. 50.** Querschnitt durch Reserveteil, wo Gefäßbündelring deutlich zu sehen ist. *Polygonum*.
- Fig. 51.** Gekeimtes Knöllchen von *Polygonum*.
- Fig. 52.** Stärkekörner in den Knöllchen von *Polygonum*. Vergr. 600.
- Fig. 53.** Längs- und Querschnitt der Luftzwiebelchen von *Lilium tigrinum*. Gefäßbündel im Blättchen punktiert.
- Fig. 54.** Zwei Keimungsmodi der Luftzwiebelchen von *Lilium*. *Bl.* Blatt, *sp* Spross.

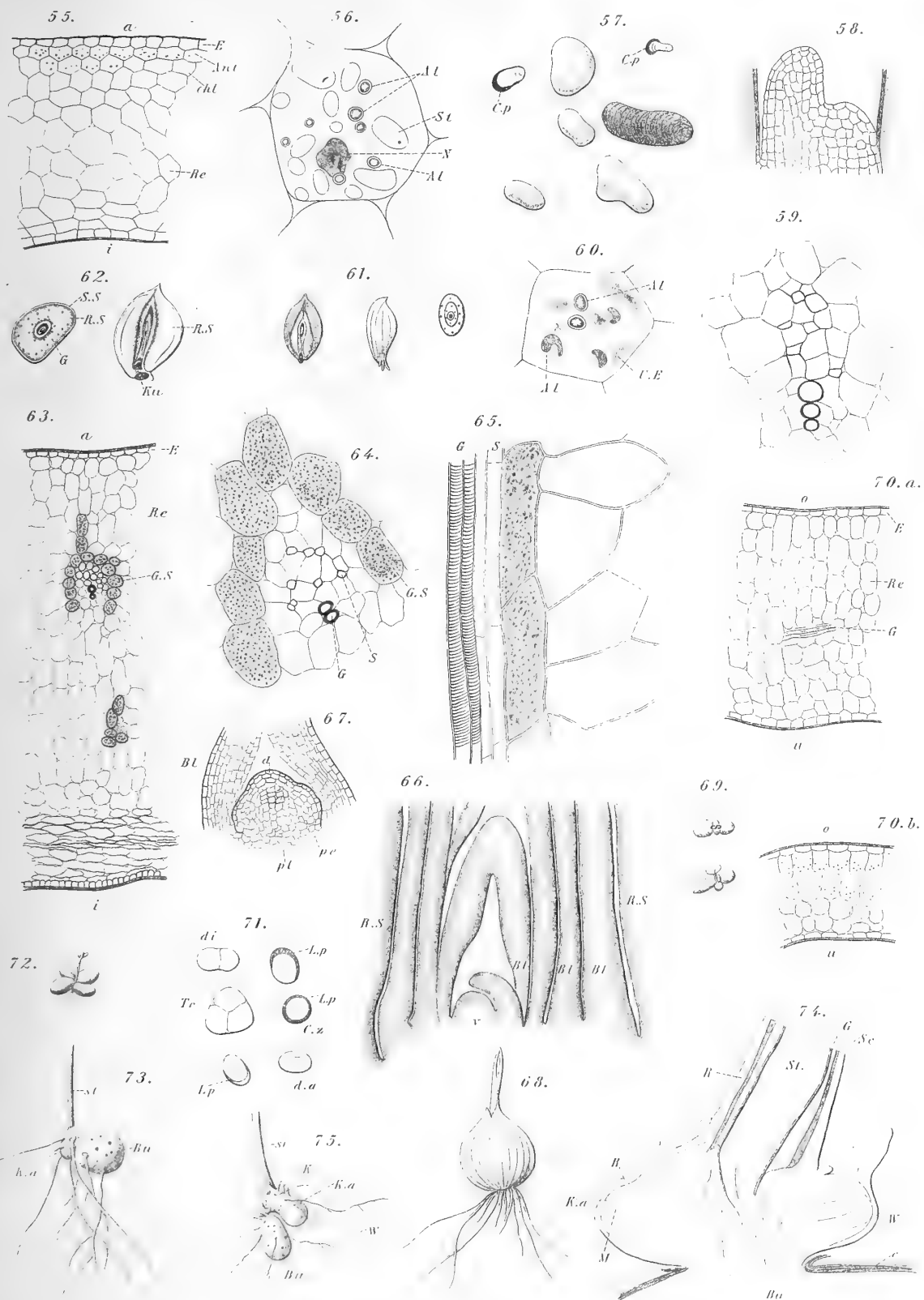


LEBENSGESCHICHTE DER STENGEL-BULBILLEN EINIGER ANGIOSPERMEN.

TAFEL III.

- Fig. 55.** Querschnitt durch ein Reserveblättchen der Zwiebelchen von *Lilium*. *a* äussere, *i* innere Seite, *Ant* Antocyan und Chlorophyll enthaltende Zellen, *Chl* Chlorophyllführende Zellen. Vergr. 60.
- Fig. 56.** Eine Reserveparenchymzelle in den Zwiebelchen von *Lilium*. *St* Stärkekörner, *Al* Aleuronkörner, *N* Nucleus. Vergr. 600.
- Fig. 57.** Stärkekörner in Reserveparenchymzellen der *Lilium*-Zwiebelchen. *c.p.* Chloroplasten. Vergr. 600.
- Fig. 58.** Vegetationspunkt mit Blattanlage der Luftzwiebelchen von *Lilium*. Vergr. 85.
- Fig. 59.** Ein Gefässbündel in Reserveblättern von *Lilium*. Vergr. 370.
- Fig. 60.** Aleuronkörner (*Al*), etwas verflüssigt bei der Keimung. *U.E* formloses Eiweiss. Vergr. 370.
- Fig. 61.** Luftzwiebelchen von *Allium nipponicum*. Gefässbündel mit Scheide beim Querschnitt punktiert.
- Fig. 62.** Längs- und Querschnitt der Luftzwiebelchen von *Allium scorodoprasum*. *Rs* Reserveblätter, *Ku* Zwiebelkuchen.
- Fig. 63.** Querschnitt des Reserveblättchens von *A. scorodoprasum*. Gefässbündelscheide (*G.s*) getrübt. Vergr. 60.
- Fig. 64.** Ein Gefässbündel mit Scheide (*G.s*) in den Zwiebelchen von *A. scorodoprasum*. *G* Gefäss, *S* Siebröhren. Vergr. 370.
- Fig. 65.** Längsschnitt von Fig. 64. Vergr. 370.
- Fig. 66.** Längsschnitt durch Knospe der Zwiebelchen von *A. scorodoprasum*. Vergr. 60.
- Fig. 67.** Vegetationspunkt der Zwiebelchen von *A. scorodoprasum*. Vergr. 85.

- Fig. 68.** Keimung der Luftzwiebelchen von *A. scorodoprasum*.
- Fig. 69.** Luftzwiebelchen von *Sedum Alfredi*.
- Fig. 70.** a. Querschnitt durch Reserveblättchen von *Sedum*-Zwiebelchen
 b. „ „ echtes Blatt von *Sedum*. a. u. b. Vergr. 60.
- Fig. 71.** Verschieden gestaltete Stärkekörner im Reserveparenchym des *Sedum*-Zwiebelchens. *da* diarches Stärkekorn, *di* diadelphische, *Tr* triadelphische, *cz* konzentrisches Stärkekorn. *Lp* Leucoplasten. Vergr. 600.
- Fig. 72.** Gekeimtes Luftzwiebelchen von *Sedum*.
- Fig. 73.** Knollenanlage (*K.a*) bei Knöllchen-Trieb von *Dioscorea Batatas*.
- Fig. 74.** Anfang der Knollen bei der Basis des aus Luftknöllchen getriebenen Stengels von *D. Batatas* (Stammpflanze). *C*, *R*, *G* und *M* wie oben, *Sc* Sclerenchymring, *K.a* Knollenanlage, *Bu* Luftknöllchen, *st*. Stängel. Vergr. 20.
- Fig. 75.** Anfang der Knollen bei Knöllchen-Trieb von *Begonia Evansiana*. *St*, *W*, *K*, *Bu*, *K.a*, wie oben.



NOTICE

Vol. XXVIII. Articles already published:—

- Art. 1. M. MIYOSHI.—Botanische Studien aus den Tropen. *Hierzu 3 Tafeln.*
 Publ. June 13th, 1910.
- Art. 2. W. SUZUKI.—The Change of Cobaltous into Cobaltic Nitrite. Publ. July
 12th, 1910.
- Art. 3. Y. SHIBATA.—The Action of the Grignard Reagent on Camphoric and
 Isocamphoric Esters. Publ. July 15th, 1910.
- Art. 4. H. NAKANO.—Lebensgeschichte der Stengel= Bulbillen einiger Angio-
 spermen. *Mit 3 Tafeln.* Publ. November 13th, 1910.

PRINTED BY THE TOKYO PRINTING CO., LTD.

Price in Tokyo, . . . Yen 1.00

This Journal is on sale at

Z. P. MARUYA & Co., Ltd.

TORI SANGHOME, NIHONBASHI, TOKYO.

GEISER & GILBERT.

KAJICHO 23, TOKYO; MAINSTREET 52, YOKOHAMA.

R. FRIEDLANDER & SOHN,

CARLSTRASSE 11, BERLIN N. W.

賣捌所

丸善株式會社書店

東京市日本橋區通三丁目十四番地

印刷所

東京印刷株式會社

東京市日本橋區兜町二番地

印刷者

神谷岩次郎

東京市日本橋區兜町二番地

編輯兼發行者

東京帝國大學

明治四十四年十一月十三日發行
明治四十四年十一月十三日印刷

March 1911.

Vol. XXVIII., Art. 5.

東京帝國大學
理 科 大 學 紀 要

第 貳 拾 八 冊 第 五 編

JOURNAL

OF THE

COLLEGE OF SCIENCE,
IMPERIAL UNIVERSITY OF TOKYO.

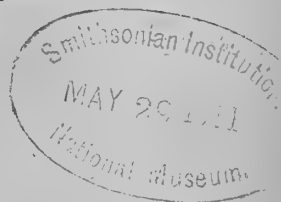
S. NAKAMURA AND K. HONDA.

Seiches in Some Lakes of Japan.

TOKYO.

PUBLISHED BY THE UNIVERSITY.

MEIJI XLIV.



Publishing Committee.



Prof. **J. Sakurai**, LL. D., *Rigakuhakushi*, Director of the College, (*ex officio*)

Prof. **I. Ijima**, Ph. D., *Rigakuhakushi*.

Prof. **F. Ōmori**, *Rigakuhakushi*.

Prof. **S. Watase**, Ph. D., *Rigakuhakushi*.



All communications relating to this Journal should be addressed to the
Director of the College of Science.

Seiches in Some Lakes of Japan.

By

S. Nakamura, *Rigakuhakushi.*

and

K. Honda, *Rigakuhakushi.*

With 18 plates.

CONTENTS.

- 1 Introduction.
 1. Instruments.
 2. Treatment of records.
 3. Experiments with models.
 4. Seiches and meteorology.
- 2 Lake Biwa.
- 3 Hakoné Lake.
 1. Results of observations.
 2. Comparison with theories.
- 4 Yamanaka Lake.
- 5 Kawaguchi Lake.
- 6 Hamana Lake.
- 7 Tōya Lake.
- 8 Chūzenji Lake.
 - Appendix. Seiches in a small pond.

§ 1. Introduction.

The observation of *seiches*, or the oscillatory movements of the entire body of water of a lake, was begun in Japan in 1901 by the Earthquake Investigation Committee at the suggestion of Professor Nagaoka. The present paper gives a summary of the results obtained from these observations. Up to 1901 no one had taken the trouble to make such observations except Burton.* He, in 1891, had noticed that the pebbles on the shore of Hakoné lake were regularly covered and uncovered by the water, the length of the period being 55 seconds. This however, as we shall see later on, is by no means one of the principal oscillations in that lake. It must rather have been a secondary undulation peculiar to the particular point of observation. The names of the lakes, where observations have been made, together with the dates and the names of the observers, are given in the following table.

TABLE 1.

Lake.	Date.	Observer.
Biwa	July 29—Aug. 23, 1901.	Nagaoka, Nakamura, Yoshida.
Hakoné	Aug. 28—Sept. 1, 1901.	Nagaoka, Honda, Kuwaki, Yoshida.
Biwa	Sept. 6—30, 1901.	Honda, Kuwaki, Yoshida.
Hamana	Aug. 20—26, 1902.	Nakamura, Honda, Yoshida, Iwamoto, Inouye.
Kawaguchi	Aug. 29—Sept. 1, 1902.	" " " " "
Yamanaka	Sept. 1—4, 1902.	" " " " "
Tōya	Aug. 18—19, 1905.	Honda.
Chūzenji	Aug. 27—28, 1905.	"
"	July 6—8, 1906.	"

As we shall see presently, in some of the lakes like Hakoné and Biwa, the phenomena was very prominent, while in others

* Trans. of the Seismological Society of Japan, Vol. XVI, 1891.

ADDITIONAL CORRIGENDUM

to the

Journal of the College of Science, Vol. XXIV

(Honda, Terada, Yoshida and Isitani: *Secondary Undulations of
Oceanic Tides*).

In the explanation of topographical maps (Pls. LXV—LXXXVI),
line 3, for 'meters' read 'fathoms.'



like Hamana it was too insignificant to enable us to determine accurately the length of the periods of oscillation. Besides the cases of the lakes above mentioned, observations were attempted in Kasumigaura, a body of water covering an area of about 18 square kilometers; but no regular oscillation was found, probably owing to excessive shallowness.

1. Instrument.

Before beginning our work in 1901, we secured a Sarasin's portable limnimeter. A full description of this instrument is given by Ebert in the "Zeitschrift für Instrumentenkunde" 1901, pp.

193-201, and accordingly is omitted here. Thinking it desirable, that observations should be made simultaneously in at least two different places, we constructed for the purpose a limnimeter of a simpler design. (Plate I, Fig. 1). In the accompanying figure 1, A is a hollow triangular brass rod one meter long, which while being allowed to move freely is kept upright by two sets of three rollers R and R', fixed at the two ends of a cylindrical guide tube D. B is a circular brass rod 106

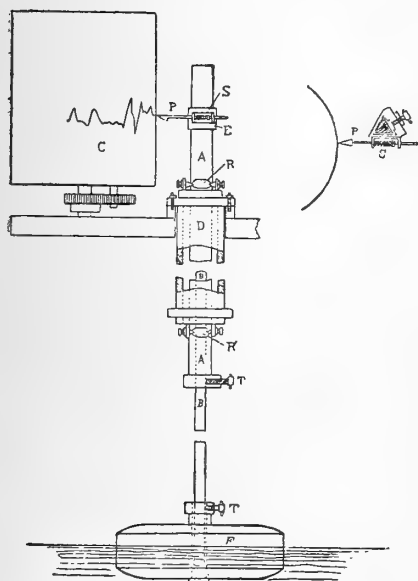


FIG 1.

cm. long and one cm. in diameter. To its lower end a float F made of sheet zinc is clamped by T and its upper end is inserted in the hollow of the rod A, to which it is clamped at a suitable length by T. Attached to A is a pen P, which is directed

normally to the face of the recording cylinder C. The position of P can be adjusted by a sliding piece E, and its pressure against the cylinder regulated by a spring S. We shall hereafter designate this limnimeter by the letter "N."

Before beginning our regular work, we endeavored to compare this new limnimeter with Sarasin's at Imazu, one of our stations on lake Biwa; but we soon found that they failed to give concordant results though they were tried in exactly similar conditions i.e. the form and size of the tanks in which the zinc floats swim, and the diameter and the length of the tubes connecting the tank water with that of the lake, were made exactly equal to one another. We found further that the rack and pinion mechanism in the Sarasin limnimeter had a great backlash and we were forced to dispense with this part of the mechanism. When we had modified his instrument by attaching the pen directly to the vertical rod of the swimmer as in our instrument, and also by keeping his recording parts in a vertical position, the records of the two instruments agreed very satisfactorily.

The first series of observations at lake Biwa was made with a Sarasin limnimeter modified as above described, and by a new N limnimeter. The observations at Hakoné lake, and the second series of observations at lake Biwa were made with an N limnimeter, and a Sarasin instrument, which was further modified by entirely dispensing with his recording arrangement, for which an ordinary Richard's recording cylinder was substituted. In 1902, four new limnimeters of the N type were constructed and were exclusively used at lakes Yamanaka, Kawaguchi, and Hamana.

In 1905, another portable limnimeter was designed by Honda. We shall distinguish it by the letter "H" (Plate I,

Fig. 2). This new instrument was used at lakes Tōya and Chūzenji. It consisted of a buoy and a thin wire or string which was attached to the buoy and after passing over a pulley was stretched vertically by means of a counterweight. The buoy was made of sheet zinc and was cylindrical in form, having a diameter of 12 cm. and a height of 10 cm. In order to give the buoy some steadiness, it carried a lead weight on its lower end, or was partially filled with water through a hole made for the purpose and closed by a screw. The pulley had a diameter of 3 cm. and its horizontal axis rested in two agate cups. The counterweight was of lead, and weighed about 300 grams. By means of a pen attached to the wire, the up and down motion of the wire was recorded on a Richard's vertical cylinder which made a complete

rotation either once a day or once every two hours. To give steadiness to the pen, and at the same time to diminish the friction as much as possible, the penholder had two horizontal arms, at each end of which a friction wheel was fixed and made to run in V-shaped grooves cut in two vertical guides; and in order to make it easy to adjust the height of the pen, the penholder was attached to the wire in following way. At the point where the penholder was to be attached, the string was divided into two strands, and these two strands were passed through

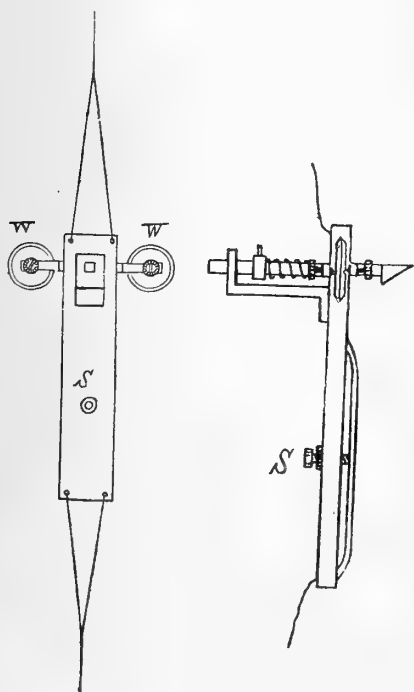


Fig. 2.

holes bored in both sides of the penholder. By this arrangement, the pen could be displaced to any height and fixed there by means of the screw S.

2. Treatment of the records.

It is not an easy task to determine the periods of several component oscillations from the limnograms. Even when there are only two components with different periods, the general aspects of the curve may differ considerably according to circumstances, such as the relative magnitudes of their amplitudes and their relative retardations. The periods of several seiches existing in a given lake do not stand in simple ratios as was formerly thought to be the case. In an interesting paper* entitled "On the hydrodynamical theory of seiches," Chrystal has calculated theoretically the periods and the positions of nodes for seiches in lakes of various forms and has shown that the ratios of the periods of several modes of oscillation may be any whatever. In a rectangular lake of uniform depth, indeed, the periods for unimodal, binodal, and trinodal seiches stand in the simple ratios of $1:\frac{1}{2}:\frac{1}{3}\dots$; but in other lakes they are quite complex, and their ratios may be even incommensurable. The amplitudes and phases of the several components are quite independent of one another. Thus when we have a limnogram before us and wish to determine the periods and phases of the several components, at first we are at a loss how best to proceed. In an expansion of a function in Fourier's series, we know the periods *a priori* and the values of the amplitudes and phases are sought for. Here we know neither the periods, the amplitudes nor the phases. An analytical method of finding the most probable values of the periods of

* Trans. Roy. Soc. Edinburgh XLI, part III, 1905, pp. 599-649.

periodic terms in a given function is not yet known. We are therefore compelled in such cases to use some tentative method. Now when we compare many limnograms of a station with one another and also with those of other stations, we find that it happens very often that as only one kind of oscillation is developed, or as other oscillations, though present, yet have very small amplitudes, the limnograms are extraordinarily simple. Collecting such simple

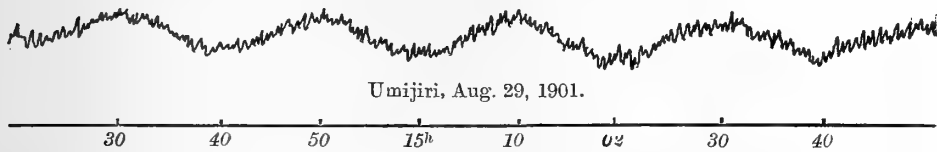


Fig. 3 a.

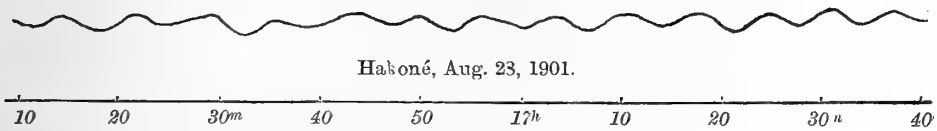


Fig. 3 b.

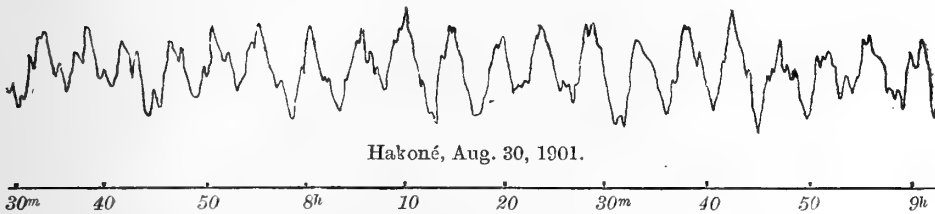


Fig. 3 c.

curves, we can at once deduce pretty accurate values of the several periods. Guided by this knowledge, when we examine other limnograms, where several oscillations are superposed, we can still discern the existence or nonexistence of a certain motion with an approximately known period. An example will make clear what we mean. The accompanying curves are some limnograms taken at Hakoné lake in which *a* is a curve obtained at the Umijiri

station with only one well developed oscillation with a period of 15,4 minutes, while Figs. *b* and *c* are curves at the Hakoné station with oscillations of 6,7 and 4,4 minutes, respectively. Now Figs. 5 are curves obtained also at Hakoné. On looking at them we can discern distinctly the existence of the shorter 6,7 minutes period probably accompanied by the longer oscillation of 15,4 minutes.

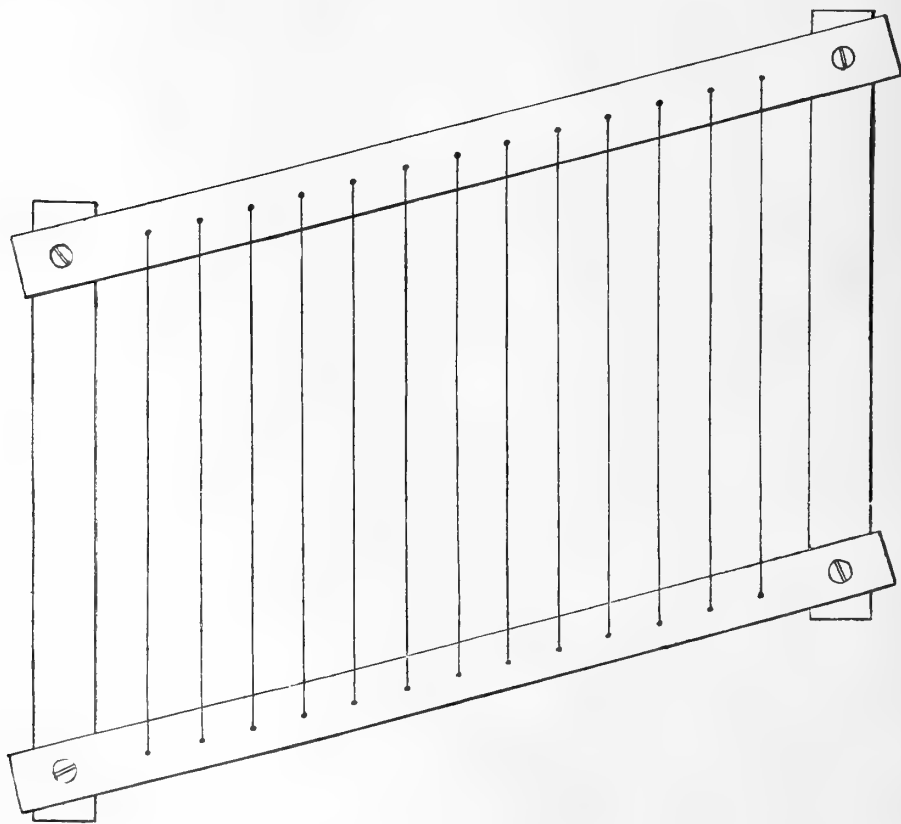


Fig. 4

In order to determine the exact values of the periods of oscillations supposed to be present in a given curve, we made use of a simple device. Four zinc strips about 1 cm. broad and 30 cm. long, were hinged together at their ends so as to form a deformable parallelogram. In each of the two opposite pieces, a series of equidistant

holes was bored, through which a thin thread was passed, as is shown in the accompanying figure, so that we had a number of thread lines which were parallel to one another and the distance between them could be varied at will by deforming the frame work. This frame was put on the limnogram curve in question, and the distance between the lines was so adjusted that the threads best coincided with the maxima and the minima of the sinuous curve. Then by measuring the distance between the threads we could easily deduce the corresponding period from the known rate of the clockwork of the recording cylinder.

Another method was of great help in determining the periods accurately. We shall call this "the method of coincidence." It was simply this. It often happened that a given condition of complex oscillation continued unchanged so that the amplitudes of the component motions did not diminish for a long time, and therefore when we put one limnogram upon another and moved them suitably, we could bring them to coincide closely. Now when the coincidence is perfect, there must be certain integral numbers of component waves during the time, which elapsed between the two curves. These integral numbers can be found from our previous knowledge of the periods. Dividing the time interval above found by these integers we get more reliable values than before. It is needless to say that it is better when possible, to make this interval as long as can be done reasonably. We say reasonably, for when the interval is too long, there will be some uncertainty as to the integer serving as the divisor. The curves Figs. 5, *a* and *b* exemplify the method of coincidence. By placing the curves one upon the other and displacing them horizontally, they will be found to coincide pretty well when the points in equal phases are separated by an interval of 199.8 minutes. Dividing this by 15.4, 6.7, and 4.6, the

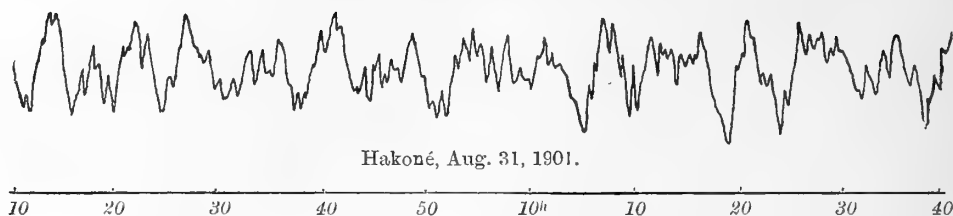


Fig. 5 a.

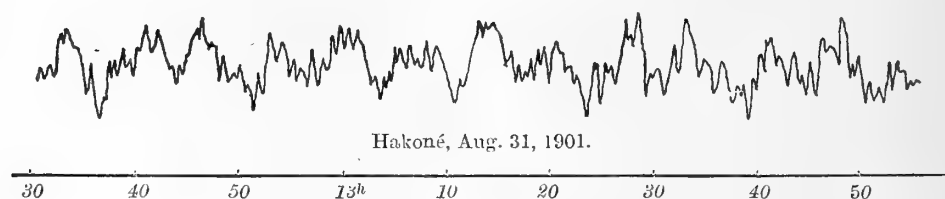


Fig. 5 b.

approximate values of periods, we get the numbers 12.98, 29.8, and 43.4, whence we deduce the periods 15.37, 6.65 and 4.64, minutes.

$$199.8 \div 13 = 15.37.$$

$$\begin{array}{rcl} \text{,,} & 31 = 6.43, & \\ \text{,,} & 30 = 6.65, & \} \\ \text{,,} & 29 = 6.88. & \\ \text{,,} & 42 = 4.75, & \\ \text{,,} & 43 = 4.64, & \} \\ \text{,,} & 44 = 4.53. & \end{array}$$

This example shows that the method is adapted for determining longer periods. Of course the actual existence of these periods must be tested in each case. This may be done by means of the framework above mentioned, or by the method which will be explained presently.

The determination of phases of several component oscillations is a difficult task. For this purpose, the several components must be separated from one another. To do this analytically will be too

troublesome, if not impracticable. We found the following graphical method, though tentative, to be sufficiently accurate for all practical purposes. It enables us to find the phase and the amplitude of any component. Indeed the method assumes an exact knowledge of the periods. Let T be the period of a motion whose phase we wish to find. We then take from the limnogram a length corresponding to $2^n \cdot T$, where n is a certain integer. In order to facilitate the explanation, let us take the particular case of $n=3$, i. e. take a length corresponding to $8T$. We cut this into two equal parts and put one on the other, and draw the mean curve.

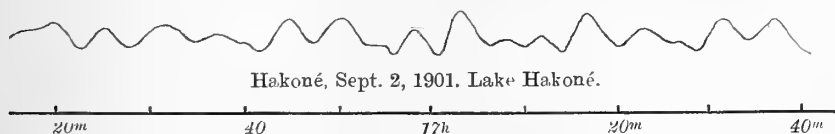


Fig. 6 a.



Fig. 6 b.

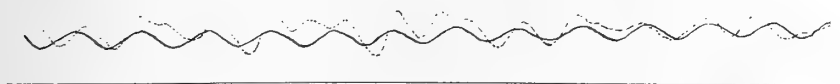


Fig. 6 c.

This mean curve is again halved, and the two halves are superposed and their mean is drawn again. Continuing this process, we get ultimately a mean sinuous curve with a length T . The theory of this method is that, when we consider corresponding points for all these intervals of the length T , the motion with the period T is in the same phase, but other motions are in general in different phases, so that by the process of taking the mean, the motion T only survives, and all other motions destroy themselves. When

the intervals taken are large, the result will be a simple sinusoid. Practically we found that eight or sixteen intervals are sufficient for the purpose. The number of intervals need not, of course, be equal to $2^n \cdot T$; but the graphical method of drawing the mean curve as above explained is practically more convenient than any analytical method, taking an arbitrary number of intervals. In Fig. 6, the curve 6 *a* is a limnogram obtained at Hakoné, and the curves drawn in full lines in 6 *b* and 6 *c* are the curves obtained by the above method for seiches of periods of 15.4 and 6.7 minutes respectively, by taking for 6 *b* eight, and for 6 *c* sixteen, intervals. The result is simple sinusoids, and we can see their amplitudes

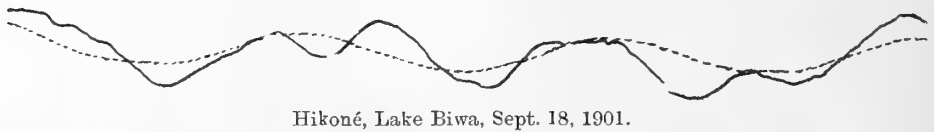


Fig. 7 a.

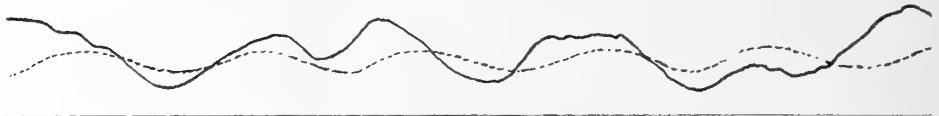
 $T=30.^m3$ 

Fig. 7 b.

 $T=16.^m5$

and phases clearly from the figure. The curves in Figs. 7 *a*, 7 *b* are similar one obtained at Hakoné on lake Biwa. This method serves also to verify the existence of any motion in a limnogram, for when the motion in question is not present, the mean curve comes out practically a straight line.

3. Experiments with models.

In order to study several possible modes of oscillation in a

given lake and also to determine the periods and the positions of the nodes, we constructed many models, filled them with water, and set them in oscillation. Such experimental study is very instructive, and as we learnt much from it, we shall now devote some space to a description of it.*

The models were made either of wood or of cement. The scale for depth was always made greater than that for length, otherwise the model lake would be too shallow and any motion excited in it would be very much damped and soon die away. To excite an oscillatory motion in the mass of water, it is necessary to give it regularly timed impulses. A method for generating such motion by means of a weighted spiral is described by Chrystal.

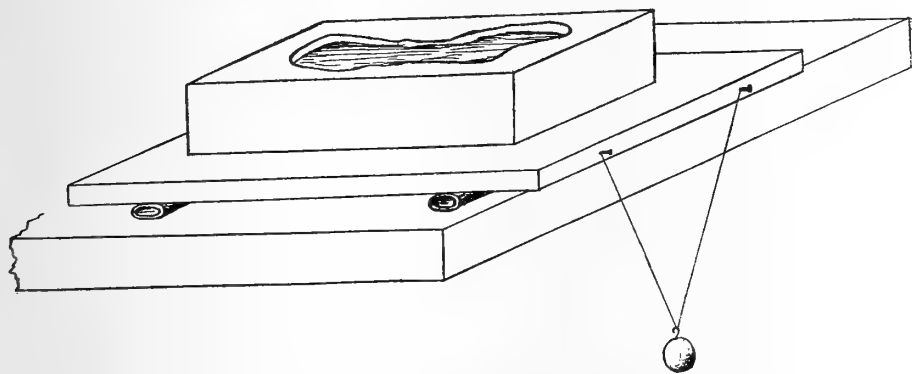


Fig. 8.

But we preferred the method of using a pendulum with a heavy bob. The model was put on a wooden plate placed on a table with two pieces of rubber tubing between the table and the plate to serve as a sort of cushion. To one side of the plate, which

* Honda, Terada, Yoshida and Ishitani.—Journ. of Science College, Tōkyō. Vol. XXIV.

projected a little from the table, two nails were fixed, from which a leaden ball weighing about 2 kilograms was hung. When the ball was made to swing, the impulse was imparted to the water and it was forced to oscillate with the pendulum. The experiment was not so simple however as it appears at first sight. For when the length of the pendulum was so far adjusted that its period came very near to the natural period of the model, and when the water was apparently moving in harmony with the pendulum, it was impossible to say whether the imposed period was the natural period of the model or an enforced period differing slightly from it. One can however decide this point more or less accurately by stopping the ball suddenly and thus removing the force acting on the water; for when the enforced period was equal to the natural period, the movement of the water would go on unchanged and gradually die away, but when the periods did not coincide, the water would soon assume a new phase of oscillation and so come to rest. Thus our experiments with the models were conducted as follows. The natural period was determined approximately by means of a stop watch, when the model was moved by hand and left to itself with no pendulum attached to it. Then the length of the pendulum was adjusted till its period coincided with the approximate period found as above. In general, when any two given oscillating systems are made to move together, their motions are influenced reciprocally, producing an oscillation with a period differing from the free periods of the two systems. So here when the model lake and the pendulum are made to move together, the actual period was nearly but not quite equal to the prescribed period. The period was determined afresh, and the motion was attentively watched to see whether the oscillation continued unchanged in its phase and whether the

positions of the nodes remained constant; and also, whether, when the pendulum ball was stopped, the water continued to move freely by itself. The length of the pendulum was adjusted till this state was reached, and then the period was determined and the positions of the nodes were noted. In short, trustworthy values of the periods can only be satisfactorily obtained when the water executes *free* oscillations.

As the period of a stationary oscillation of a mass of water is proportional to its length and inversely proportional to the square root of its depth, we can easily deduce the period in a real lake from that of the model.

The determinations of the positions of nodes in the model lake are no less difficult than the determination of the periods. Even when the water is oscillating apparently in the most perfect manner, the nodes shift within a small range. For the determination of nodes, we may make use of either of the properties (1) that at a node the vertical motion is zero, so that when the water is rising on one side of it, it is falling on the other, or (2) that at a node the horizontal motion is greatest. To utilize the first property, we watched the surface of the water near a node and observed the motion of the image of a distant object. The mean positions of points where the image remained motionless were noted and taken as the nodes. To make use of the second property, we darkened the water with ink until it was quite opaque, and then we scattered some aluminium powder uniformly over its surface. The model was then illuminated with strong light, and the grains of the aluminium powder seemed like so many bright stars on the dark back ground. Now when the water was in motion, the powder participated in the motion of the water, and described bright lines corresponding to the amplitude of the oscillations. A photographic

camera was set up in such a way that its objective directed downward was just above the model. Exposures were made, the durations of which were nearly equal to half the periods of oscillations, and the motions of the powder were photographed. Plates VII, IX &c show pictures obtained in this way. The curved lines drawn normal to the lines traced by the powder at the places where the horizontal motions are greatest, are the nodal lines. The positions of the nodes thus determined are not necessarily accurate, and first method is always to be preferred for the exact determination of nodes; but this method has the advantage that every detail of the oscillation is very clearly brought to light. For example, at the loops where the horizontal motions are least, the images of the powder ought to come out as points; but when the motion was made too violent, we found that the powder at loops described small circles, showing that then the theory of small oscillations could no longer be applied.

4. Seiches and meteorology.

Generally speaking, the limnogram is a smooth curve on a calm day and is wavy when the lake is disturbed by a shower or a wind. But it often happens that the curve is made very irregular by small indentations superposed on it. In such cases the weather is generally dead calm and there is no breeze to agitate the water into ripples, so that the surface of the lake is as smooth as a mirror. The double amplitude of such small indentation is generally two or three millimeters and the period varies from twenty seconds to one minute. Such motions naturally escape our eye; for even the longest wave, which we can follow with our eye, has a period of only a few seconds, and its amplitude is much greater than that of the motion which causes the indentations in the

limnogram. Thus in spite of the apparent calmness of the weather, the limnogram betrays the presence of some disturbance in the lake. It is very interesting to note in such cases that some twenty or thirty minutes after the first appearance of the indentation, the weather begins to change. The wind blows with increasing intensity agitating the water into high waves. Soon a shower, sometimes a thunderstorm, arrives and passes over or in front of us. The indentation in the limnogram is therefore a forerunner of the coming meteorological disturbance. The cause of such agitation of the water may be sought for in the rapid barometric pulsation

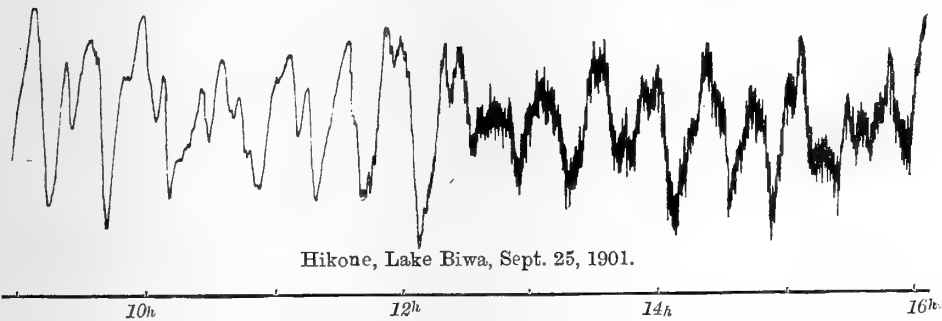


Fig. 9.

at the center of the atmospheric disturbance, which agitates the lake into very irregular motion, and the latter is propagated to us long before the shower itself arrives at the limnimeter. It may happen of course that the shower goes another way and does not come to us at all. Then we have only indentations in the limnogram telling us that a shower passed somewhere over the lake. Fig. 9 shows an example of such indentations. A study of the distribution of barometric pressure and its variations, and particularly a study of the effect of the "Luftwogen" conducted with suitable microbarographs, will throw much light upon this phenomena.

Of the agencies which cause a seiche in a lake, we may mention, after Forel and others, atmospheric electricity, earthquakes, unequal local distribution of atmospheric pressure, strong wind etc.. We had no experience of an earthquake during our observations, but we several times met with pretty heavy thunder storms, and almost always had a very significant seiche after them. This may be due partly to the unequal distribution of atmospheric pressure existing in such cases, but certainly it must be due also to the attraction between the water of the lake and the electrified cloud over it. The water just below the cloud is heaped up and then is let go when the electrification of the cloud is discharged, and as a result the water is set in oscillation. The position of the electrified cloud relative to the lake perhaps determines the mode of oscillation; when it is just above or near a loop of one of the natural modes of motion of the lake, then that particular motion is sure to be excited. Let us now give some examples of such seiches excited after thunderstorms, observed in lake Biwa (see Pl. VI.).

Here we met with many thunderstorms, the first of which occurred on the afternoon of the 13 th. August. There are 14 provincial department offices scattered around the lake, where the conditions of the weather are officially reported once every day. From these reports, we see that the storm was restricted to the southern part of the lake. It began to rain at about 13 h., and continued for about two hours. Though the wind was either light or moderate everywhere blowing mostly in the westerly direction, it caused an anomalous seiche in the lake. The motion was recorded by the limnimeters set at Ōtsu, a station at the south end of the lake, and at Imazu, another station on the northwestern side. The curve traced at Ōtsu is reproduced in

Pl. II. 1,2. The motion there had an extraordinarily long period of 231.2 minutes, though the motion most frequently observed in this lake has a period of about 30 minutes. At this place we heard the sound of distant thunder at about 13 h. 40 m., and at 14 h. 20. m. the shower arrived and then the level of the lake began to rise considerably and afterwards sunk very much. The storm ceased practically at 17 h., and the lake became apparently very calm, but the oscillation continued till the evening of the next day, executing nine oscillations with decreasing amplitudes, and then died away. The readings of high and low water levels from an arbitrary datum line are as follows;

TABLE II.

High water	Low water	Calc. amplitude
148 mm.		78 mm.
	0 mm.	70
122		52
	44	28
97		27
	56	14
79		9
	60	10
78		8
	60	10

From these numbers, the logarithmic decrement was found to be $\lambda=0.1452$, so that the damping factor is $k=1.408$, and the position of the level at equilibrium is 70 mm.. The calculated successive amplitudes are given in the last column of the above table. The

curve recorded by the limnimeter at Imazu, where the storm was not observed, shows that there we had from 14 h. the usual indentations on the curve telling us of the presence of a disturbance of the water somewhere, and a seiche of a 30-minute period was excited at 20 h.; but on the whole the motion of the water at Imazu was very irregular but not significant during the time.

On the 17 th. August, another storm passed over the lake. From the reports of the department offices concerning this storm we see that it was restricted to the north part of the lake. Of our limnimeters, only that at Imazu was in action at that time. We heard the rolling of distant thunder at 6 h. 20 m., and at 8 h. 23 m. it began to rain. We had very heavy thunder at 8 h. 36 m., and at 8 h. 42 m.; it ceased to rain at about 9 h.. The sky continued overcast during the rest of the day, and we had no wind during the whole time. Owing to this thunderstorm, a beautiful oscillation was produced with a period of 30 minutes, which as we have stated before, belongs to the seiche predominant in this lake, The motion continued till noon of the next day making about 40 oscillations in all. The first part of the limnograph obtained at Imazu is reproduced in Pl. III. Fig. 1. The record was unhappily broken between 8 h. 10 m. and 10 h. 40 m. owing to accident to the instrument.

On the afternoon of the next day, i. e. Aug. 18 th., another storm visited the western shore of the northern basin of the lake. The limnimeters were set up on that day at Imazu and Chōmeiji, the latter place lying out of the path of the storm. At Imazu, we heard distant thunder first at 14 h., a SW wind began to blow at 14 h. 50 m., and it began to rain at 14 h. 55 m.. After many lightning flashes and low thundering, we had two heavy peals of thunder at 15 h. 6 m. and 15 h. 9 m., and then the storm subsided

gradually, and the sky became clear toward evening. As the limnogram at Imazu reproduced in Pl. III. Fig. 2., shows, the level began to rise gradually at 14 h. 30 m. and fell suddenly at 14 h. 52 m., and made many oscillations with a period of 9 minutes, the curve being much indented by shorter irregular oscillations. The 30-minute seiche appeared also at 17 h. 50 m. but it was not well developed. On the whole, this storm caused no significant motion of the water at Imazu. At Chōmeiji, the instrument was set up at 16 h. 50 m. so that the motion of the water just at the time of the thunderstorm was not recorded. From the curve, which is reproduced in Pl. IV, we see that here as in Imazu two motions of 30 m. and 9 m. periods were also excited.

That wind is a cause of the seiche was supposed by many people, though contradicted by some. In Chūzenji lake, it was clearly seen that wind is one of the chief exciting causes of the seiche there. We had such a case also in lake Biwa. The limnogram reproduced in Pl. V. Fig. 2, was obtained at Hikōné on lake Biwa, Sept. 20-21, 1901. On the evening of the 20 th., we had a strong wind accompanied by a light rain on the northern part of the lake, and it caused at Hikōné an anomalous seiche with an amplitude about 9 times larger than that usually appearing there, (Pl. V. Fig. 1). It is worthy of notice that the period of the motion does not change much in either curve.

§ 2. Lake Biwa.

Lake Biwa, the largest lake in our country, is situated in the central part of the main island of Japan, where the land is considerably narrowed by the encroachment of the bay of Suruga on the northwest and of the bay of Isé on the south. It is more than 60 kilometers in length and 16 kilometers broad in its widest part (Pl. VI). Its surface is 86 meters above sea level. The lake has a narrow constriction near Katada (Point No. 11 on the map) which joins the great north basin with shallow southern one of almost negligible size. The lake in fact takes its name from the shape of the *biwa*, a musical instrument somewhat like a guitar, the south basin representing the neck of the *biwa*. The north basin has two very deep places in it. The deeper one lies off Imazu and has a depth of more than 90 meters, so that the bottom of the lake at this place is below sea level; while the other, about 76 meters deep, lies between Katsuno and Wani. The lake is surrounded on almost all sides by mountains, conspicuous among which are Hiei-zan on the west, and Ibukiyama on the east. The large river Seta flows from its southern extremity, and passing through the cities of Kyōto and Ōsaka, empties into the bay of Ōsaka.

Owing to the lack of necessary equipment, a bathymetric survey of the lake was not carried out at that time, but happily for us Mr. Maeda of the Hikone meteorological station made it afterwards and published a map, which has been of great service to us. It is reproduced in Plate VI.

Our observations consisted of two series; the first series was begun on the 30 th. of July 1901 and continued to the 23rd of August, this was the first systematic study of seiches ever under-

taken in our country. As already stated in the introduction, we had two limnimeters at our disposal, one of the Sarasin type and the other of our own design. We had first to study these instruments, to see how to construct the water tank, and how to connect it with the lake, etc., and to this preliminary work we were obliged to sacrifice the first few days, so that our regular observations must be said to have begun on the 7th. of August. The second series extended from the 6th of September to the last day of that month. The number of stations was 14 in all, for the names and positions of which see the map given in Plate VI.

In the first series of observations we permanently set up at Imazu, a Sarasin portable limnimeter modified however, as has already been described, by dispensing with the rack and pinion, and by fixing the recording cylinder vertically. Afterward this latter was replaced by a Richard's cylinder. A portable limnimeter of the "N" type was carried round the lake from one station to another, being set up at each station for from one to three days. In the second series, on the contrary, both instruments were carried about, but the number of stations was limited to five, namely Imazu, Shiotsu, Ōtsu, Nagahama and Hikone.

We shall now give the results of observations obtained at the several stations.

Chikubushima.

Chikubushima is an island in the northern part of the lake. The observations at this place lasted only 18 hours, and we got the following three different motions. The numbers in the first column are the periods expressed in minutes of time, and those after the sign \times are the numbers of waves used in calculating the corresponding periods.

TABLE 3.

Chikubushima.		
minutes.		
61.1	×	5
30.7	×	10
11.0	×	16

As the motions are all very small, the double amplitudes being only a few millimeters, and as the numbers of observations are small, the real existence of these waves is doubtful. But the second motion of 30.7 minutes existed unquestionably.

Chomeiji.

Here the observations were continued for only 13 hours, during which the weather was very calm, and a motion of a 31-minute period was very significant, the double amplitude being more than 3 centimeters. The observed periods are

TABLE 4.

Chōmeiji.		
m.		
32.5	×	3
31.5	×	12
31.0	×	5
9.9	×	9
9.7	×	10
9.4	×	7

We probably have here two motions with periods of 31.8 and 9.7 minutes. For the former, see the curves in Pl IV.

Funaki.

The weather was very windy when we reached Funaki to make the observation, and the lake was so much agitated that we could not recognize any regular oscillation excepting a motion with a period of one minute, which however is decidedly no proper seiche.

Hikoné.

Here we made three series of observations. The first series was continued for a day from the 20th. to the 21st. of August. The periods observed are

TABLE 5.

Hikoné. I.	
m.	m.
25.8×4	14.5×16
25.0×2	14.1×6
24.0×16	11.5×7
18.8×4	10.7×12
17.0×5	10.0×10
16.7×6	9.2×3
16.4×13	9.0×8
15.7×6	

The second series was continued from the 17th. to the 19th. of September. The weather was generally calm, except at the begining of the observations, when we had a strong N-W wind. The following periods were then observed.

TABLE 6.

Hikoné. II.	
m.	m.
37.8×1	20.0×2
30.8×3	19.9×5
30.3×3	19.2×3
29.9×5	18.9×7
29.7×6	18.8×2
24.7×4	17.2×9
23.6×1	16.5×5
23.3×4	15.4×6
22.8×17	11.0×6
22.6×8	8.3×8
20.3×6	

In the third series of observations extending from the 19th. to the 30th. of September, we observed the following periods.

TABLE 7.

Hikoné. III.	
m.	m.
42.4×3	22.0×14
32.7×7	21.8×22
30.6×11	21.6×11
30.4×18	21.5×3
30.3×20	18.9×8
30.2×13	17.2×13
30.1×8	16.8×17
29.8×7	16.5×9

29.4×14	16.1×7
25.7×27	15.9×9
25.5×12	13.9×9
25.3×31	12.6×10
25.2×46	12.3×5
25.0×39	11.6×9
24.9×6	10.8×14
22.8×6	10.0×15
22.5×14	9.9×19
22.3×17	8.7×5

During this series, we had a heavy storm which threw the lake into a violent motion with an amplitude of about 10 cm., which is about five times larger than its usual value. The period at that time was 16.5 minutes.

Plotting the number of observed waves as ordinates and the corresponding periods as abscissæ on a section paper, we deduce as the most probable seiches at Hikone the following five motions with periods of 30.3, 25.3, 22.2, 16.5, and 10.3 minutes respectively. For some of the limnograms at this place, see Pl. V Figs. 1, and 2.

Imazu.

Here we made three series of observations. During the first series extending from the 30th. of July to the 7th. of August, we studied and compared our instruments. The second series was continued from the 14th. to the 23rd. of August, and the third series from the 6th. to the 12th. of September. The different motions then observed are tabulated below.

TABLE 8.

Imazu. I.	
m.	m.
63.4×9	9.4×74
31.0×6	9.3×25
30.8×4	8.7×10
30.0×42	

TABLE 9.

Imazu. II.		
m.	m.	m.
30.8×4	28.5×3	8.6×21
30.5×11	27.1×4	8.5×28
30.3×4	22.0×4	8.4×4
30.2×6	9.8×19	8.3×30
30.1×27	9.6×11	8.2×53
30.0×21	9.5×66	8.1×15
29.9×9	9.4×67	7.9×5
29.8×8	9.3×26	6.4×12
29.6×6	9.2×6	5.2×14
29.5×3	9.0×18	5.0×6
28.9×6	8.8×25	4.5×10
	8.7×41	

TABLE 10.

Imazu, III.		
m.	m.	m.
31.7×5	29.5×8	17.9×7
31.4×2	29.3×7	17.7×7
31.2×2	28.9×3	17.4×6
31.0×5	28.8×4	10.0×13
30.7×18	28.7×5	9.7×27
30.4×14	19.1×6	9.5×18
30.3×3	18.7×4	9.4×8
30.0×4	18.1×5	8.7×8
29.7×3	18.0×6	8.1×10

Plotting these periods on a section paper, we deduce as probable periods of seiches at Imazu, 30.1, 18.1, 9.4 and 8.5 minutes. Of these, the first motion was very conspicuous. Not only did it appear frequently, but it continued sometimes for a long time. Thus early on the morning of the 17th. of August, we had a heavy thunderstorm, which excited this motion very strongly. It appeared first with a double amplitude of about four centimeters and continued till the noon of the next day, making about forty clear oscillations. (Pl. III). This is very good example of a seiche caused by a thunder storm. The presence of the second motion 18.1 was rather doubtful, for it appeared only during the third series of observations under conditions very unfavorable for the determination of a period. The last two motions may, in reality, be one motion, they appeared however pretty often with a double amplitude of about one centimeter, and their presence is quite certain. (Pl. III, Fig. 2).

Kaizu.

The periods observed here during August 3-4 are as follows:

TABLE 11.

Kaizu.		
m.	m.	m.
30.0×13	12.3×25	11.3×49
29.9×13	11.7×23	

Of these, only the last motion 11.3 was developed to such a magnitude as to enable us to confidently assert its existence.

Katada.

The observations here extended from the 11th. to the 13th. of August, but the oscillation of the lake was generally very small, which made it difficult to determine the periods. Of the periods

TABLE 12

Katada.		
m.	m.	m.
74.4×4	32.1×11	10.6×13
70.8×4	11.9×6	10.4×21

given here, we may say from a careful examination of the limnograms that there existed at Katada probably two motions of 32.1 and 10.5 minutes.

Katsuno.

The periods of seiches observed here during August 9-10, are as follows:

TABLE 13.

Katsuno.		
m.	m.	m.
69.5×5	11.7×9	9.5×11
16.5×8	11.5×4	9.1×42

The motions with periods 11.6 and 9.2 were predominating seiches at this place. They were well developed having a double amplitude of about two centimeters.

Nagahama.

The oscillations recorded here during Aug. 21-22 had the periods given in the following table.

TABLE 14.

Nagahama. I.		
m.	m.	m.
35.0×2	17.5×6	11.9×9
34.5×3	16.8×4	9.5×6
32.8×2	14.8×6	6.7×5
18.2×7	13.6×8	

The most predominant motion among them was 17.5 reaching a

double amplitude of 10 cms., but it was much damped and died away very quickly.

During the interval Sept. 6-16. many records were taken with a number of different periods, of which the most prevalent were 31.5, 22.8 and 17.1 having double amplitudes of 2 or 3 cms. The observed values were:

TABLE 15.

Nagahama. II.		
m.	m.	m.
32.1×16	24.9×16	16.3×6
31.8×19	24.8×20	14.5×23
31.5×63	23.2×4	13.7×19
30.8×9	22.9×21	12.5×11
30.6×17	22.8×35	12.0×29
29.5×11	22.5×12	10.5×47
29.4×6	17.7×14	
28.8×14	16.8×9	

Okinoshima.

This is a small island in the eastern part of the lake. The periods recorded here during Aug. 19-20 were as follows:

TABLE 16.

Okinoshima.		
m.	m.	m.
10.2×11	7.6×8	4.9×6
9.2×9	6.0×12	

Of these, the first motion was seen well developed after a thunder-storm. The motion with a period 6.0 was also pretty clear.

Ôtsu.

This place is situated at the south end of the lake, which is very shallow in that part lying south of the neck near Katada. The periods observed during the interval Aug. 13-15 are given in the next table.

TABLE 17.

Ôtsu. I.		
m.	m.	m.
234.5 \times 1	202.0 \times 2	25.8 \times 11
232.5 \times 2	72.9 \times 1	25.1 \times 14
230.0 \times 1	71.8 \times 10	12.4 \times 8
224.5 \times 1	65.5 \times 3	8.6 \times 9
224.2 \times 2	32.1 \times 7	
209.2 \times 2	29.1 \times 11	

A motion with a wonderfully long period of about 230 minutes was excited after a very heavy thunder storm. The initial double amplitude was 15 cms., and subsided gradually after making a few oscillations (Pl. II). Other series of observations were made in order to confirm the presence of this slowly oscillating seiche. The clockwork was made to rotate once rapidly to record motions with short periods, and then slowly for motions with long periods. The presence of the motion with the 230-minute period was thus established in ordinary conditions of weather. It is remarkable that this extraordinary motion was nowhere else observed during

our stay at the lake. The periods recorded during this second series Sept. 14-19 are given in the next table. The actual presence of some of them is however doubtful owing to their small amplitudes.

TABLE 18.

Ōtsu. II.		
m.	m.	m.
231.3×5	26.5×3	10.3×1
230.1×4	25.5×6	10.0×4
228.0×1	24.5×1	9.6×5
224.0×5	23.6×22	8.6×6
222.3×1	22.9×3	8.5×10
73.7×15	21.2×2	7.1×11
30.1×10	20.8×10	
26.9×4	20.3×3	

The probable value of the period for the slowest motion is 231.2 m.

Seta.

Observations extending from the 15th. to the 17th. August gave the following periods, but none of them were quite certain

TABLE 19.

Seta.		
m.	m.	m.
71.1×3	32.9×9	31.9×10
68.9×9	32.7×10	

Shiotsu.

From two series of observations made during Aug. 8-9 and Sept. 12-13, we have found the periods given below.

TABLE 20.

Shiotsu. I.		
m.	m.	m.
39.2×1	30.2×3	27.3×2
30.5×4	29.9×3	

TABLE 21.

Shiotsu. II.		
m.	m.	m.
37.7×2	30.8×3	20.3×4
35.4×2	30.4×7	18.6×3
32.5×4	28.5×6	17.7×4
31.7×5	20.5×3	17.3×2

As the most significant motion at Shiotsu we have therefore one, of which the period is 30.4 minutes. This motion appeared very distinctly on the evening of Sept. 12th. and lasted till the morning of the next day.

Wani.

Here we could obtain only two motions 18.3×5 and 8.9×5 during our stay Aug. 10-11.

General results.

If we collect all the values of the periods obtained at the several stations we get about 180 different values; but of course they can not in reality be all different from one another. Plotting the number of times these motions were observed as ordinates and the corresponding periods as abscissae, we get a curve consisting of many maxima much resembling so many probability curves. If we calculate the positions of these maxima, we have the following values, arranged in the order of the number of observed times.

TABLE 22.

(1) 9.4 minutes.	(6) 31.9 minutes.
(2) 30.0	(7) 12.0
(3) 8.5	(8) 10.6
(4) 25.2	(9) 16.7
(5) 22.7	(10) 72.6

These are then the most frequently observed periods in Lake Biwa. We say the most frequently observed periods and not the most frequently occurring periods; because a particular motion is excited only under a condition favorable to it; it may be present one day, but not on the next day. Thus at Hikoné, we had not the 30-minute motion during the first series, but on the contrary only the 10-minute motion was present during it. In order to find out all modes of motion peculiar to a given place, we must sufficiently extend the interval of observation. In many places, our records were taken for only one or two days, and we could not have had the chance of recording some motions proper to the places. We must also bear in mind that a seiche with a few

minutes period is easier to detect than a long-period motion executing a complete oscillation in fifty or sixty minutes. Thus, the extraordinary long period of 230 minutes recorded at Ōtsu, of whose real existence we have no doubt, is not at all significant on the curve of frequency just spoken of, for the number of observed times is very small; and therefore we have purposely omitted to include it in the last table in order to do justice to the other motions. In the next table, we give in the first column the periods just determined and in the other columns the periods observed at several stations which are nearly equal to those in the first column the values which had been previously pointed out as certainly existing in a given place being printed in heavy faced type.

TABLE 23.

	Chikubushima.	Chōmeiji.	Hikōnō.	Imazu.	Kaizu.	Katada.	Katsuno.	Nagahama.	Okinoshima.	Ōtsu.	Seta.	Shiotsu.	Wari.
9.4		9.7	9.6	9.4			9.2	9.5	9.2	9.8			
30.5	30.7	31.8	30.3	30.1	30.0	32.1		31.5		30.1	31.9	30.4	
8.5			8.5	8.5						8.6			8.9
25.2			25.3					24.9		25.4			
22.7			22.2	22.0				22.8		22.9			
12.0			12.5		12.0	11.9	11.6	12.0		12.4			
10.6	11.0		10.3		11.3	10.5		10.5					
16.7			16.5				16.5	17.1	10.2				
72.6						74.4				72.9	71.1		

The extraordinary period of 231.2 minutes observed only at Ōtsu must be a motion peculiar to the shallow southern basin.

The reason why it was not observed at Katada and Seta, the two other stations on that part of the lake, must be sought for in the fact that the observations at these places were of too short duration. The next long period is 72.6 minutes, which was observed a few times at Ōtsu, Katada and Seta but was not distinct. This might induce us to conclude that this motion is also a characteristic of the southern basin. Our experiments with a model of the lake, however, showed that it is a longitudinal seiche extending over the whole lake. A model of the lake was made in cement on a scale of 90000:1 for length and of 1085:1 for depth. The gravest longitudinal vibration had a period of $t_1=1.58$ sec., which on reduction gave a period of 71.9 minutes for the actual lake. The photographic picture of this mode of vibration is reproduced in Plate VII, Fig 1., which shows that it has two nodes, one across the north basin from a point near Katsuno to a point lying between Hikone and Chōmeiji, and the other in the south basin so that water meets and recedes from both sides at a place a little north of the narrow neck, or near our station at Wani. On closing up this narrow neck, and setting the water in oscillation, we found that the uninodal motion of the north basin had a nearly equal period, but the south basin could not be set into vibration. Hence it is proper to say that the motion of the seventy-minute period is the uninodal seiche of the north basin, rather than to say that it is a binodal motion of the lake. The forced vibration in the south basin excited by it has however owing to its small depth a greater amplitude than in the north basin, and this is the reason why this particular motion was observed only in the southern stations of Ōtsu, Katada, and Seta. Again from the bathymetric data furnished by Maeda's map we find that the total volume of the lake is 2.762×10^{16} c. cm., which divided by the total surface area

6.861×10^{12} sq. cm. gives as the mean depth 4.025×10^3 cm.. The length of the lake measured along the deepest line is $L = 4.6 \times 10^6$ cm., from which it follows that the period of the uninodal longitudinal seiche is 77.2 minutes.

The third motion has a period of 30.5 minutes, and was observed at stations distributed all over the lake, of which it was the predominating oscillation. A glance at the above table shows, however, that at the stations on the northern part of the lake viz., Chikubushima, Hikoné, Imazu, and Shiotsu, the period seems to be always smaller than that at the southern stations as at Chōmeiji, Katada, and Seta, though there is an exception to this rule at Nagahama. It is possible that we have in reality two different motions with nearly equal periods in the two parts of the lake. The fact, that the great north basin has two deep places in it, one off Imazu and the other near Wani and Katsuno may furnish a plausible basis for this conjecture; but we prefer not to enter further into the discussion of this point. Under the supposition that this motion is a transverse seiche of the lake, let us take as the breadth of the lake 2.0×10^6 cm., and use the depth before calculated, we then find that the transverse seiche should have a period of about 33.6 minutes. It was found with the model lake that it has a stationary motion with a period of $t_2 = 0.67$ sec., which on reduction corresponds to a period of 30.5 minutes in the actual lake exactly coinciding with the observed value in question. The photographic record of this mode of vibration is reproduced in Plate VII, Fig 2. Careful examination of the change of level in the model showed us that this motion is not so simple as its period might lead us to suppose. The motion is in fact rather transversal in the north part of the north basin, but it has another small node running across its south part, and still another within the south basin.

The nodal lines are drawn in Fig. 2, and show that when the level is rising at Shiotsu and Nagahama, it is falling at Chōmeiji and Imazu. The limnograms obtained at these stations tend to confirm this fact in the actual case, but owing to the presence of other motions it can not be affirmed with certainty. It is proper to call it a binodal seiche of the north basin exciting a uninodal motion in the south basin, rather than to call it a transverse seiche of the lake.

Though other motions with shorter periods, e. g. 9.4 and 8.5, were very prominent, yet they can not be identified with the actual motion.

§ 3. Hakoné Lake.

1. Result of Observations.

The charming lake of Hakoné, a noted summer resort, is situated at $139^{\circ} 0'E.$ and $35^{\circ} 10'N.$, its surface being about 720 meters above sea level. Its length is more than 6 kilometers, and it is widest at its southern end, where its breadth is about 2 kilometers. It gets very narrow and deep at a distance one third of the whole length from the northern end, where it is about 600 meters broad. The lake is surrounded on almost all sides by pretty steep mountain ridges, except at its northern end, where there is a small meadow. The most prominent peaks are Komaga-také and Kami-yama on the northeastern side, the former rising 630 meters and the latter 720 meters above the level of the lake; while on its southwestern side Mikuni-yama rises about 380 meters above the lake. It is the commoly accepted opinion among our geologists, that Hakoné lake is an atrio lake formed by the choking up of a part of the atrio of the Hakoné volcano. Since the first formation of the atrio, a considerable time must have elapsed before the last eruption took place, that caused the formation of the lake. The people say that, when the water is clear, one can still sometimes see the tops of the upright stems of the conifers that have stood immersed in the water from bygone ages. In several places near the lake, stems of trees have been found buried in the ground.

The observations at this lake extended over eight days, The number of the stations were six in all, at one of which, i. e. at Hakoné, the modified Sarasin limnimeter was set up, while an "N"-limnimeter was carried from one station to another in order to compare the phases at different places with that at Hakoné. We also made soundings with a simple plumb line, at 139 points

on the lake from Sept. 1st to 3rd., the positions of the points, where the soundings were made, being determined by means of a compass, furnished with a small telescope. The result of our bathymetric survey is given in Plate VIII. The maximum depth is 41 meters, which must be considered to be very great, when we bear in mind that the total surface area is only 6.5 square kilometers. This maximum depth is at the narrowest part of the lake and at a place lying between the stations at Takogawa and Hyakkwan.

The periods of the seiches in this lake as reduced from the limnograms are tabulated in the following table, in which the number of times when a given period was observed is also given after the sign \times following the period in question.

TABLE 24.

Station	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5
	m.	m.	m.	m.	m.
Hakoné.	$15.38 \times 40.$	$6.79 \times 620.$	$4.53 \times 433.$	$3.90 \times 164.$	—
Motohakoné....	$15.37 \times 10.$	$6.71 \times 39.$	$4.82 \times 225.$	—	—
Umijiri....	$15.36 \times 164.$	—	$4.54 \times 28.$	—	$3.10 \times 102.$
Hyakkwan. ...	$15.45 \times 29.$	—	—	—	—
Hotokegasaki.	—	$6.57 \times 70.$	—	—	$3.12 \times 151.$
Takogawa. ...	—	$6.75 \times 73.$	—	—	—

Thus we got five periods in all, the weighted means of the above numbers being

$$T_1 = 15.38 \text{ minutes,}$$

$$T_2 = 6.76 \quad ,,$$

$$T_3 = 4.63 \quad ,,$$

$$T_4 = 3.90 \text{ Minutes,}$$

$$T_5 = 3.11 \quad , ,$$

having the ratios

$$T_1:T_2:T_3:T_4:T_5=1.000:0.439:0.302:0.254:0.202.$$

The seiche with the longest period of $T_1=15.38$ minutes is the uninodal longitudinal seiche. The fact that we did not observe this period at Hotokegasaki and Takogawa, which were the two middle stations, must be interpreted to mean that these places lie on or near the nodal line for this oscillation. This may be shown also by comparing the phases at the two terminal stations, Hakoné and Umijiri. If we write down the times of high water, from the records of the two stations, in which this particular seiche of 15.38 minutes was excellently developed, we have

TABLE 25.

Hakoné.		Umijiri.		Diff.
h.	m.	h.	m.	
17	18	17	11	7 minutes.
	33		25	8
	48		40	8
18	3		55	8
	19	18	11	8

This shows clearly enough the correctness of the above assertion. The curves in Figs. 10 and 11, moreover, show this without any doubt. The dotted curves in these figures were obtained from limnograms of these stations on the 29th, August 1901, by the method before explained of graphically deducing simple curves for 15.38 and 6.76 minutes by previously magnifying them

photographically so that they may have the same scale for time in order to facilitate the comparison. The motion in question was clearly in just opposite phases. Further by making use of

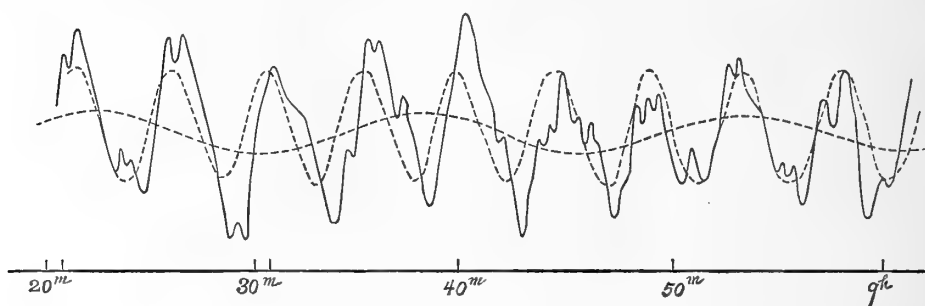


Fig. 10.

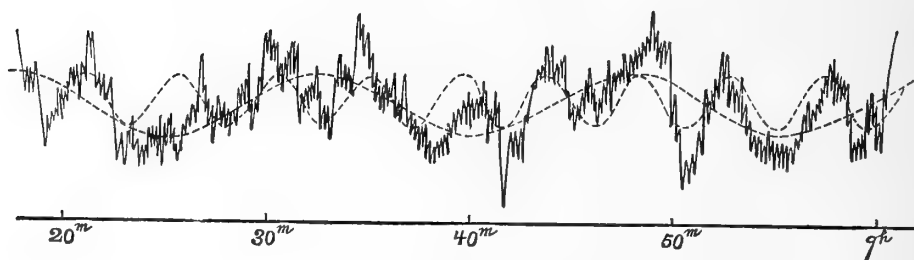


Fig. 11.

bathymetric data and the theoretical formula for the calculation of the period, it will be shown further on, that the period 15.38 belongs to the uninodal seiches.

The second oscillation with a period of $T_2=6.8$ minutes must be the binodal seiche. For, comparing the times of high water for it, we found that Hakoné and Hotokegasaki were in opposite phases, Hakoné and Motohakoné in the same phase, and Hakoné and Takogawa again in opposite phases.

TABLE 26.

Hakoné.		Hotokegasaki.		Diff.
h.	m.	h.	m.	
14	1	14	5	4 minutes.
	8		12	4
	15		18	3
	22		25	3

A pair of dotted curves in Figs. 10 and 11 shows that this motion was in same phase at Umijiri and Hakoné.

Of other oscillations with shorter periods T_2 and T_4 , we can not say anything definitely from the limnograms. The experiments conducted with a model of the lake first enabled us to learn some details about them.

The model was made of wood and measured about 33 cm. in length. Three different modes of *free* vibration were found with periods of

$$t_1=1.672 \text{ sec.},$$

$$t_2=0.693,$$

$$t_3=0.439,$$

which are in the ratios

$$t_1:t_2:t_3=1.000:0.415:0.263.$$

The photographs of these three different oscillations are given in Pl. IX., which shows very clearly that the first belongs to the uninodal, and the second to the binodal oscillation. Comparing the ratios $t_1:t_2:t_3$ with the ratios of the periods in the actual lake given in p.43, we see at once that T_1 and T_2 correspond respectively to t_1 and t_2 , being the uninodal and the binodal seiches; but of the

other shorter oscillations, there remains some uncertainty. We must decide what t_3 is. Plate IX shows that this third oscillation t_3 is quite complex, one of the nodal lines, that lying nearest to the wider end of the lake, being so much curved that we can equally well say that this oscillation has three or four nodes. Indeed, in this motion, we see a place where the figures made by the grains of aluminum powder are points, and this place lies on a loop for the vertical motion; but in reality this is not the case. The figures made by the powder are points, not because they are executing vertical motions like those placed on loops, but because they are actually at rest. We see that a curved nodal line touches the shore at that place, or rather that two nodal lines start in two different directions from that point, which is in fact on a node. We prefer to call the oscillation t_3 , not a trinodal, but a quadrinodal seiche, though we were unable to observe in the model any unambiguous trinodal seiche. Now our question is, what oscillation in the actual lake corresponds to t_3 ? If we take 15.38 minutes as the value of t_1 in the actual oscillation, and calculate t_2 and t_3 by assuming the ratios for $t_1:t_2:t_3$ given above, we get 6.38 minutes for t_2 and 4.06 minutes for t_3 , and t_3 seems to correspond rather to T_4 than to T_3 . Again if we calculate the actual periods corresponding to t_1 , t_2 and t_3 by multiplying them by the scale for length and dividing by the square root of the scale for depth, we have 17.6, 7.3, and 4.6 minutes. Here t_3 is exactly equal to the observed period T_3 and they seem to correspond to each other, but at the same time we see that the values deduced from t_1 and t_2 much exceed T_1 and T_2 . If we, however, bear in mind that T_3 was observed at Hakoné, Motohakoné and Umijiri but not at Hyakkwan, Hotokegasaki and Takogawa, while T_4 was observed only at Hakoné, and moreover if we carefully study plate IX we

are forced to say that t_3 belongs to T_3 and consequently to assert that the seiche with a period of 4.63 minutes is the quadrinodal seiche in Hakoné lake. We are also inclined to say that T_4 and T_5 are minor seiches developing respectively at the Hakoné and Umijiri ends.

The positions of nodes as determined by studying several motions of the model lake are as follows. For the uninodal seiche, it lies at 0.56 of the total length of the lake from southern Hakoné end; while those for the binodal are at 0.33 and 0.80 from the same end. The nodal lines for the third mode of oscillation are too curved to admit of defining their positions in this manner.

2. Comparison with theories.

Several formulae have been given by different authors such as Mérian, Du Boys et al., for the calculation of the period. For a rectangular lake of a uniform depth h and of a length L , the period T of the uninodal seiches is given by

$$T = \frac{2L}{\sqrt{gh}}$$

When we wish to apply this formula to the case of a lake with a variable depth and breadth, we must take for h its mean value but this gives only an approximate value or values, for we can estimate this mean depth in several different ways. According to Du Boys,* when the lake is symmetrical with respect to its median line, the period for the uninodal seiches is given by

$$T = \frac{2}{\sqrt{g}} \int_0^L \frac{dx}{\sqrt{h}},$$

* Essai théorique sur les seiches. Archives d. sciences Phys. et Nat. Genève XXV. 1891, p. 628.

integrated along the median line, where h is the depth at a point x . Prof. Nagaoka* has shown that this formula can be applied to a lake whose median line is not straight, provided its curvature is not too great, the integration being performed along the curved median line. In order to see how far the values of T calculated from these formulæ will agree with the observed value, we made the following calculations.

(1) A curved line is drawn along the middle line of the lake and its length L is found to be equal to 6570 meters. The total volume and the total surface area of the lake are measured with a planimeter, and the mean depth h_m is obtained by dividing the total volume by the surface area.

$$\begin{aligned} h_m &= 2668^{cm}. \\ \sqrt{h_m} &= 51.65 \\ T &= 13.51.^m. \end{aligned}$$

(2) The curved median line is divided into 64 equidistant segments, and transverse sections are made at each of these segments and plotted on a section paper. We thus have 63 sections together with two end sections of zero area. The areas S of these sections are determined by a planimeter and are divided by the corresponding breadth b of the free surface and the result is taken as the mean depth h for these sections. The values of b in meters, of S in square meters, and of h in meters, together with those of \sqrt{h} and $\frac{1}{\sqrt{h}}$ are given in Table 27.

* Proc. Tokyo Phys. Math. Soc, Vol. I. 1902, p. 126.

TABLE 27.

No.	b	S	h	\sqrt{h}	$\frac{1}{\sqrt{h}}$
1.	510.	1900.	3.72	1.931	0.5179
2	66	44	6.67	2.583	3871
3	66	68	10.30	3.209	3116
4	48	54	11.25	3.354	2981
5	49	56	11.43	3.380	2958
6	155	242	15.62	3.952	2530
7	170	318	18.71	4.325	2312
8	170	396	23.30	4.827	2072
9	150	384	25.60	5.059	1977
10	196	480	24.50	4.949	2021
11	190	552	29.05	5.389	1856
12	178	544	30.56	5.528	1809
13	168	576	34.30	5.856	1708
14	157	512	32.62	5.711	1751
15	143	482	33.70	5.805	1723
16	137	436	31.80	5.639	1773
17	134	470	35.10	5.924	1688
18	142	476	33.53	5.790	1727
19	148	494	33.40	5.779	1730
20	147	520	35.40	5.949	1681
21	145	490	33.80	5.813	1720
22	124	394	31.77	5.636	1774
23	111	376	33.90	5.822	1718
24	120	412	34.35	5.860	1706
25	126	396	31.35	5.599	1786
26	123	396	32.20	5.674	1762
27	132	382	28.95	5.380	1859
28	132	408	30.90	5.558	1799
29	112	366	32.70	5.718	1749

30	1040.	36200.	34.95	5.911	0.1692
31	95	322	33.90	5.822	1718
32	96	278	28.96	5.381	1858
33	102	258	25.30	5.029	1988
34	97	246	25.35	5.034	1986
35	74	178	24.05	4.904	2039
36	52	114	21.93	4.682	2136
37	49	108	22.05	4.695	2130
38	50	140	28.00	5.291	1890
39	46	126	27.40	5.234	1910
40	53	150	28.30	5.319	1880
41	58	168	28.95	5.380	1859
42	48	144	30.00	5.477	1826
43	40	116	29.30	5.412	1848
44	47	90	19.15	4.376	2285
45	62	90	14.52	3.810	2645
46	70	122	17.44	4.176	2395
47	76	160	21.05	4.588	2179
48	84	160	19.05	4.364	2291
49	76	166	21.95	4.685	2134
50	63	164	26.45	5.142	1945
51	64	152	23.75	4.873	2052
52	65	152	22.75	4.769	2097
53	72	176	24.45	4.944	2023
54	86	214	24.90	4.989	2004
55	114	270	23.70	4.868	2054
56	126	348	27.62	5.255	1903
57	128	338	26.40	5.138	1946
58	110	284	25.82	5.081	1968
59	92	212	23.05	4.801	2083
60	82	142	17.75	4.213	2374
61	68	126	18.54	4.305	2323
62	60	68	11.33	3.366	2971
63	40	24	6.00	2.449	4083

When the mean depth is calculated with

$$h_m = \frac{\sum h}{63},$$

we find that

$$h_m = 2499.3 \text{ cm.},$$

so that

$$\sqrt{h_m} = 49.99,$$

$$T = 14.02^m$$

(3) When h is plotted on section paper and h_m is determined by using a planimeter, it is found that

$$h_m = 2414.7 \text{ cm.},$$

$$\sqrt{h_m} = 49.14,$$

$$T = 14.29^m.$$

(4) When the mean value of \sqrt{h} is calculated with our method

$$(\sqrt{h})_m = \frac{\sum(\sqrt{h})}{63},$$

we find that

$$(\sqrt{h})_m = 49.32,$$

$$T = 14.18^m.$$

(5) When \sqrt{h} is plotted, and its mean value is determined with a planimeter, we have

$$(\sqrt{h})_m = 48.60$$

$$T = 14.31^m.$$

(6) When the mean value of the reciprocal of \sqrt{h} is calculated with

$$\left(\frac{1}{\sqrt{h}}\right)_m = \frac{\sum \frac{1}{\sqrt{h}}}{63},$$

we obtain

$$\left(\frac{1}{\sqrt{h}}\right)_m = 0.02140,$$

$$T = 14.97^m.$$

(7) Let l be the distance between any two consecutive sections and let h' and h'' be the mean depths at these two sections. The mean value of \sqrt{h} between these sections is

$$(\sqrt{h})_m = \frac{1}{l} \int_0^l \sqrt{h} \cdot dx.$$

Let us now assume that the depth h at any place x between these two sections is given by

$$h = h' + \frac{h'' - h'}{l} \cdot x,$$

then we have

$$(\sqrt{h}) = \frac{2}{3} \frac{h''^{\frac{3}{2}} - h'^{\frac{3}{2}}}{h'' - h'}$$

Calculating T by the formula

$$T = \frac{2l}{\sqrt{g}} \cdot \frac{3}{2} \left\{ \frac{h_1 - h_0}{h_1^{\frac{3}{2}} - h_0^{\frac{3}{2}}} + \frac{h_2 - h_1}{h_2^{\frac{3}{2}} - h_1^{\frac{3}{2}}} + \dots \right\}$$

where $l = \frac{L}{64}$ and h_0, h_1, h_2, \dots are the mean depths at several sections, we have

$$T = 15.75^m.$$

(8) Under the same supposition that $h = h' + \frac{h'' - h'}{l} \cdot x$, we see that

$$\int_0^l \frac{dx}{\sqrt{h}} = \frac{2l}{\sqrt{h'} + \sqrt{h''}}$$

and calculating T with Du Boys's formula in the following form,

$$T = \frac{2}{\sqrt{g}} \int_0^L \frac{dx}{\sqrt{g}} = \frac{2}{\sqrt{g}} \int_0^L \frac{dx}{\sqrt{h}} + \frac{2}{\sqrt{g}} \int_L^{2L} \frac{dx}{\sqrt{h}} + \dots$$

$$= \frac{4l}{\sqrt{g}} \left\{ \frac{1}{\sqrt{h_0} + \sqrt{h_1}} + \frac{1}{\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}} + \dots \right\}$$

we find that $T=16.21$ minutes.

Tabulating the results obtained before, we have

TABLE 28.

No.	T .
	m
1	13.51
2	14.02
3	14.29
4	14.18
5	14.31
6	14.97
7	15.75
8	16.21

This shows without any doubt that the observed period of 15.38 minutes must belong to the longitudinal uninodal seiche. When we bear in mind the great variations both in the depth and in the breadth of the lake, it is rather wonderful that the calculated periods differ so little among themselves. We see from the above calculations that if we merely wish to determine which of the observed periods belongs to the uninodal seiche we may use any of the methods given above. Of the calculated periods the seventh value comes nearest to the one observed, though the mode of calculation is not theoretically correct. The last agrees best with the theoretical

formula of Du Boys in its mode of calculation, and ought to give the best value. It seems somewhat remarkable that the calculated value 16.2 is the only value that exceeds the observed value noticeably, other modes of calculation giving generally too small values.

If we adopt Du Boys's formula, the positions of the nodes may be determined by the following simple consideration. If the node of the uninodal seiche is situated at $x=\lambda$, it is evident that it must satisfy the condition that

$$\int_0^{\lambda} \frac{dx}{\sqrt{h}} = \int_{\lambda}^L \frac{dx}{\sqrt{h}}.$$

Using the data given in Table 27, we find that the node of the uninodal seiche is situated at 0.48 of the whole length of the lake measured from the southern, Hakoné end. This is not in close agreement with the result obtained in the experiment with the model. The positions of the nodes for other motions may be obtained in a similar way.

In a paper entitled "Notes on seiches", Mr. T. Terada,* comparing seiches with the motion of the air column in an organ pipe, has calculated the correction to be applied to the length l (L in our notation) of a lake, when the breadth B (our b) and the area S of the transversal section are not constant; he has also calculated the correction due to the lateral motion of the water; and has shown that

$$\Delta l = \frac{1}{2} \int_0^l \cos \frac{2\pi x}{l} \left(-\frac{\Delta B}{B_0} + \frac{\Delta S}{S_0} \right) dx + \frac{1}{4} \int_0^l \left(1 - \cos \frac{2\pi x}{l} \right) \left(\frac{dB}{dx} \right)^2 dx,$$

where the breadth and the sectional area at point x are put as

$$B=B_0+\Delta B$$

$$S=S_0+\Delta S$$

respectively. The period is to be calculated by the formula hitherto used, which is in the new notation

$$T=2l\sqrt{\frac{B_0}{gS_0}}.$$

He has also shown a method of determining the positions of nodes. The results arrived at by him in the case of Hakoné lake using our data given in the Table 27, are

- (a) The calculated periods are 15.50 minutes for the uninodal seiche and 6.87 minutes for the binodal seiche.
- (b) The node for the uninodal seiche is situated at 0.572 of the total length of the lake measured along the median line from the Southern, Hakoné end; while those for the binodal lie at 0.347 and 0.759 of the total length from the same end.

These are in close agreement with our results above given.

Mr. D. Ishitani* has studied the effect of slight variations in the breadths and the areas of transverse sections of a lake upon the periods of its seiches, and has deduced a formula analogous to that of Mr. Terada. With his formula, he calculated, at our request, the period of the uninodal seiche and the position of the node taking as the path of integration l the middle stream line determined by the experiment on the model above described, and the transverse sections drawn perpendicular to it. The results of his calculations are:

- (a) The period of the uninodal seiche is 14.1 minutes.

* Ishitani, Proc. Tōkyō Math. Phys. Soc., Vol. III. p. 170.

- (b) The position of the node for the same is situated at 2.9 kilometers from the Umijiri end, i. e. 0.558 of the total length of the lake from the southern, Hakoné end.

Chrystal and Wedderburn have calculated the periods and the positions of the nodes of the Scottish Lochs, Earn and Treig, from bathymetric data according to the theory and formula given by Chrystal in the paper above cited. They found that Chrystal's formula agreed with the observations very satisfactorily, but Du Boys's formula gave values considerably in excess of the observed periods. The following small table gives the periods of the uninodal seiches in minutes as obtained by them.

TABLE 29.

	Observed	Chrystal	Du Boys
Loch Earn	14.55	14.50	17.82
Loch Treig	9.18	9.14	10.20

There must be some reason for this peculiarity, but we are not able to give a satisfactory explanation.

In the following, we shall apply Chrystal's theory to Hakoné lake, so it may not be superfluous here to give here a brief outline of his theory. When the breadth and the form of the transverse section of a lake vary as well as the depth, provided these variations are not too abrupt, he shows that it can be submitted to calculation by introducing two variables, σ and v . σ is the product of the area A (S in our notation) of the transverse section by the breadth b of this section at the surface, while v is the area of the surface of the lake between the trace on the surface of the transverse section corresponding to σ , and any other similar line chosen for

reference. Then according to Chrystal to study the oscillation of the lake, it may be looked upon as a lake with a straight median line, uniform breadth, and rectangular cross section, its longitudinal section being the curve with v and σ as abscissa and ordinate of any point of it respectively. This curve is called the *normal curve* of the lake. Thus v is the distance measured along the median line of the reduced lake, and σ is the depth at the point v .

We have calculated the normal curve of Hakoné lake, and found that it is not very simple in form, having one shallow and two

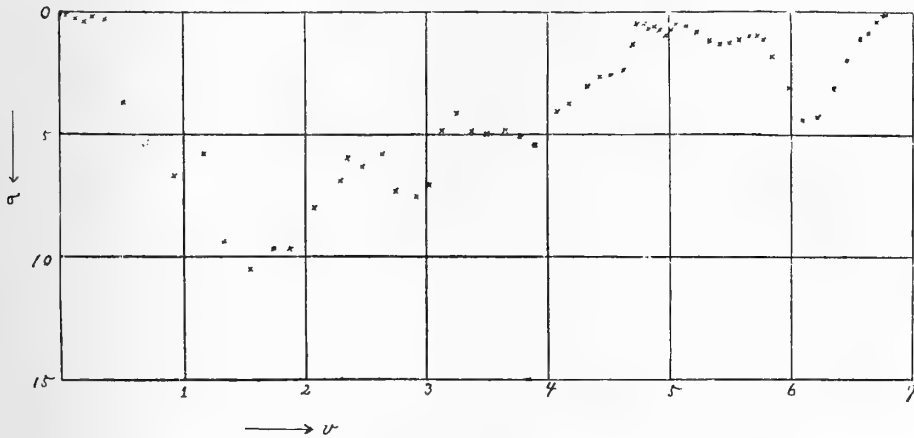


Fig. 12.

maximum depths. Table 30 gives the values of σ and v for the normal curve corresponding to the 63 sections before mentioned. The former is calculated from the data given in Table 27 by multiplying b and S together, and the latter is obtained by means of a planimeter. The unit of length is a centimeter. Fig. 12. shows this normal curve; the shallow in the middle being caused by the great constriction, though at that point it is very deep in the actual lake. As this curve is too complex, we may take as the first approximation for the normal curve four inclined straight lines as shown in Fig. 13. As this is not treated in Chrystal's paper, we

TABLE 30.

No.	σ	v
1	10×10^{11}	0.52×10^9
2	29	1.44
3	45	2.16
4	26	2.72
5	27	3.92
6	375	5.20
7	541	7.00
8	673	9.28
9	576	11.56
10	941	13.40
11	1049	15.52
12	968	17.32
13	968	18.84
14	804	20.56
15	689	22.96
16	597	23.52
17	630	24.92
18	576	26.36
19	731	27.52
20	764	29.12
21	711	30.28
22	489	31.44
23	417	32.48
24	494	33.84
25	501	35.04
26	487	36.52
27	509	37.88
28	539	39.04
29	410	40.76
30	375	41.88

31	306	43.12
32	269	44.16
33	263	45.20
34	239	46.28
35	132	47.04
36	53	47.24
37	53	47.92
38	70	48.32
39	58	48.72
40	80	49.16
41	97	49.64
42	69	50.16
43	46	50.56
44	42	50.80
45	56	51.36
46	85	52.28
47	122	53.36
48	134	54.16
49	125	55.08
50	103	55.84
51	97	56.48
52	96	57.24
53	127	57.80
54	184	58.52
55	308	59.60
56	438	60.88
57	432	62.08
58	312	63.48
59	195	64.64
60	114	65.64
61	86	66.28
62	41	67.00
63	10	67.56
64	0	67.76

shall try to work out his theory as applied to this case. Now he shows that in a rectilinear lake where the depth at a point x is given by $h \left(1 - \frac{x}{a}\right)$, the horizontal and the vertical displace-

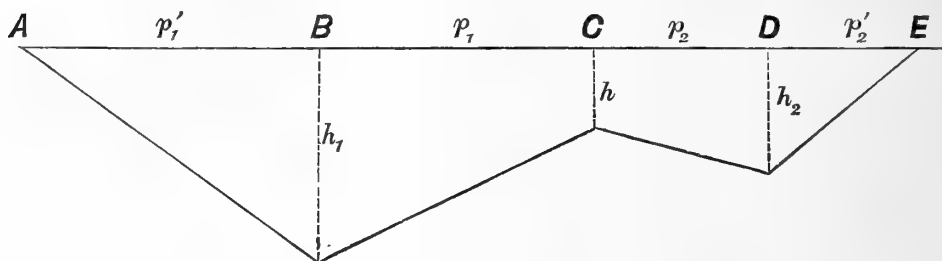


Fig. 13.

ments ξ and ζ of a particle at the free surface will be given by

$$\xi w = \left\{ AJ_1(w) + BY_1(w) \right\} \sin n(t - \tau),$$

$$\zeta = \frac{2a}{h} \left\{ AJ_0(w) + BY_0(w) \right\} \sin n(t - \tau),$$

where

$$n = \frac{2\pi}{T},$$

$$w = \frac{2na}{\sqrt{gh}} \sqrt{1 - \frac{x}{a}},$$

A , and B being arbitrary constants, and $J_m(w)$ and $Y_m(w)$ being the Bessel and the Neumann functions of the order m . We shall apply this formula to the normal curve of Hakoné lake.

Let h be the least depth at C, and h_1 , h_2 the greatest depths at B and D. Let $AB = p'_1$, $BC = p_1$, $CD = p_2$, $DE = p'_2$; and let the law of depth be $h_1 \left(1 - \frac{x}{a'_1}\right)$ for AB, $h_1 \left(1 - \frac{x}{a_1}\right)$ for BC, where x is measured both ways from B and $h_2 \left(1 - \frac{x}{a_2}\right)$ for CD, $h_2 \left(1 - \frac{x}{a'_2}\right)$ for

DE , where x is measured both ways from D . Then the depths at A, C, E require

$$\begin{aligned} p_1' &= a_1' \\ h &= h_1 \left(1 - \frac{p_1}{a_1}\right) = h_2 \left(1 - \frac{p_2}{a_2}\right) \\ p_2' &= a_2', \end{aligned}$$

which determine a_1', a_1, a_2, a_2' completely. The displacements for the segment AB are

$$\begin{aligned} \xi &= \frac{1}{w_1'} \left\{ A_1' J_1(w_1') + B_1' Y_1(w_1') \right\} \sin n(t - \tau_1') \\ \zeta &= \frac{2a_1'}{h_1} \left\{ A_1' J_0(w_1') + B_1' Y_0(w_1') \right\} \sin n(t - \tau_1') \\ w_1' &= \frac{2na_1'}{\sqrt{gh_1}} \sqrt{1 - \frac{x}{a_1'}} \end{aligned}$$

The boundary condition at A , or at $w_1' = 0$, is that $\xi = 0$ always

$$\therefore A_1' J_1(0) + B_1' Y_1(0) = 0$$

or

$$\frac{B_1'}{A_1'} = -\frac{J_1(0)}{Y_1(0)},$$

but as $\lim_{w=0} \frac{J_1(w)}{Y_1(w)} = 0$, we have $B_1' = 0$. Therefore for points

lying between AB , we have

$$\left. \begin{aligned} \xi &= \frac{A_1'}{w_1'} J_1(w_1') \sin n(t - \tau_1') \\ \zeta &= \frac{2a_1'}{h_1} A_1' J_0(w_1') \sin n(t - \tau_1') \end{aligned} \right\} (1)$$

At B , where

$$w_1' = \frac{2na_1'}{\sqrt{gh_1}} = na_1' \text{ say,}$$

$$\left. \begin{aligned} \xi &= A_1' \frac{1}{na_1'} J_1(na_1') \sin n(t - \tau_1'), \\ \zeta &= A_1' \frac{2a_1'}{h_1} J_0(na_1') \sin n(t - \tau_1'). \end{aligned} \right\} (2)$$

Similarly for the segment BC , we have

$$\begin{aligned} \xi &= \frac{1}{w_1} \left\{ A_1 J_1(w_1) + B_1 Y_1(w_1) \right\} \sin n(t - \tau_1), \\ \zeta &= \frac{2a_1}{h_1} \left\{ A_1 J_0(w_1) + B_1 Y_0(w_1) \right\} \sin n(t - \tau_1), \\ w_1 &= \frac{2na_1}{\sqrt{gh_1}} \sqrt{1 - \frac{x}{a_1}}. \end{aligned}$$

Putting $w_1 = \frac{2na_1}{\sqrt{gh_1}} = na_1$ in these equations, we get the displacements at the point B , and equating them to the values above obtained in (2), we have

$$\begin{aligned} \tau_1' &= \tau_1 = \tau \text{ say,} \\ \frac{1}{a_1} \left\{ A_1 J_1(na_1) + B_1 Y_1(na_1) \right\} &= \frac{A_1'}{a_1'} J_1(na_1'), \\ a_1 \left\{ A_1 J_0(na_1) + B_1 Y_0(na_1) \right\} &= a_1' A_1' J_0(na_1'). \end{aligned}$$

Hence it follows that

$$\begin{aligned} A_1 &= \frac{\lambda_1}{A_1} A_1', \\ B_1 &= \frac{\mu_1}{A_1} A_1', \end{aligned}$$

where

$$\begin{aligned} A_1 &= J_1(na_1) Y_0(na_1) - J_0(na_1) Y_1(na_1), \\ \lambda_1 &= \frac{a_1}{a_1'} J_1(na_1) Y_0(na_1') - \frac{a_1'}{a_1} J_0(na_1') Y_1(na_1), \\ \mu_1 &= \frac{a_1'}{a_1} J_1(na_1) J_0(na_1') - \frac{a_1}{a_1'} J_1(na_1') J_0(na_1). \end{aligned}$$

For the segment BC , therefore, we have

$$\left. \begin{aligned} \xi &= \frac{A_1'}{w_1 A_1} \left\{ \lambda_1 J_1(w_1) + \mu_1 Y_1(w_1) \right\} \sin n(t-\tau) \\ \zeta &= \frac{2a_1 A_1'}{h_1 A_1} \left\{ \lambda_1 J_0(w_1) + \mu_1 Y_0(w_1) \right\} \sin n(t-\tau). \end{aligned} \right\} (3)$$

Putting $w_1 = \frac{2na_1}{\sqrt{gh_1}} \sqrt{1 - \frac{p_1}{a_1}} = n\beta_1$ in these equations, we get the displacements for the point C ; they are

$$\left. \begin{aligned} \xi &= \frac{A_1'}{n\beta_1 A_1} \left\{ \lambda_1 J_1(n\beta_1) + \mu_1 Y_1(n\beta_1) \right\} \sin n(t-\tau) \\ \zeta &= \frac{2a_1 A_1'}{h_1 A_1} \left\{ \lambda_1 J_0(n\beta_1) + \mu_1 Y_0(n\beta_1) \right\} \sin n(t-\tau) \end{aligned} \right\} (4)$$

Proceeding in precisely the same way from the other end of the lake, and equating the values of ξ and ζ at C , we must have

$$\begin{aligned} \frac{A_1'}{\beta_1 A_1} \left\{ \lambda_1 J_1(n\beta_1) + \mu_1 Y_1(n\beta_1) \right\} &= -\frac{A_2'}{\beta_2 A_2} \left\{ \lambda_2 J_1(n\beta_2) + \mu_2 Y_1(n\beta_2) \right\} \\ \frac{a_1 A_1'}{h_1 A_1} \left\{ \lambda_1 J_0(n\beta_1) + \mu_1 Y_0(n\beta_1) \right\} &= \frac{a_2 A_2'}{h_2 A_2} \left\{ \lambda_2 J_0(n\beta_2) + \mu_2 Y_0(n\beta_2) \right\} \end{aligned}$$

Eliminating A_1' and A_2' , we get the equation for the period, which is

$$\frac{a_1 \beta_1 h_2}{a_2 \beta_2 h_1} - \frac{\left\{ \lambda_1 J_1(n\beta_1) + \mu_1 Y_1(n\beta_1) \right\} \left\{ \lambda_2 J_0(n\beta_2) + \mu_2 Y_0(n\beta_2) \right\}}{\left\{ \lambda_1 J_0(n\beta_1) + \mu_1 Y_0(n\beta_1) \right\} \left\{ \lambda_2 J_1(n\beta_2) + \mu_2 Y_1(n\beta_2) \right\}} = 0 \quad (5)$$

Solving this equation for n gives us the period

$$T = \frac{2\pi}{n}. \quad (6)$$

The positions of nodes corresponding to this period will be found by putting $\zeta=0$ in (1) or (3) or the similar equations for the segments CD and DE , according as we are looking for nodes in the segments AB , BC or CD , DE .

To apply this result to the case of Hakoné, we must proceed as Chrystal and Wedderburn did in the case of Lochs Treig and

Earn, namely instead of trying to solve the equation (5) for n directly, we calculate the left hand side member for some approximate values of n , which we know from our approximate knowledge of T , and then find by interpolation that value of n which satisfies the equation (5).

From the numbers given in table we deduce,

$$h_1 = 9.94 \times 10^{13},$$

$$h_2 = 4.36,$$

$$h = 0.38,$$

and

$$p_1' = 1.644 \times 10^{10}$$

$$p_1 = 3.728$$

$$p_2 = 0.848$$

$$p_2' = 0.596$$

$$a_1' = 1.644 \times 10^{10}$$

$$a_1 = 3.877$$

$$a_2 = 0.929$$

$$a_2' = 0.596$$

so that

$$\alpha_1' = 105.3$$

$$\alpha = 248.3$$

$$\alpha_2 = 89.8$$

$$\alpha_2' = 57.6$$

$$\beta_1 = 48.7$$

$$\beta_2 = 26.6$$

The result of our calculations from these data, we are obliged to confess, was not at all satisfactory. While the actually observed value is 15.38 minutes, our calculations gave 22.47 minutes. The reason of this great discrepancy is rather difficult to ascertain, inasmuch as Chrystal and Wedderburn found a very good confirmation of the theory in the cases of Lochs Earn and Treig. The reason must be sought partly at least in the fact that the lakes which they had chosen, satisfy the conditions assumed in the theory almost ideally, while in the present case it is quite otherwise. Chrystal assumed in his theory that there is no component of flow transverse to the average length of the lake.

This assumption is not satisfied in the Hakoné lake owing to the great constriction in the middle, and the experiment with the model shows this point very clearly. (See Pl. IX, Fig 1.) But this is not of course sufficient to explain the great discrepancy of our calculations. The assumption that the normal curve consists of four inclined straight lines must be responsible for it.

In our numerical calculations, we used the tables for J_0 and J_1 given in the appendix of the treatise on Bessel functions by Gray and Mathews, and the small tables for Y_0 and Y_1 of Smith given in the Messenger of Mathematics vol. 26. As the observed period is 15.38 minutes, we took first $T=800$ and 1000 seconds, hoping to get residuals of opposite signs in the equation (5). The result was however that the residuals were both positive. Hence we tried $T=1200$ seconds, and found it to be still positive, and proceeded to $T=1400$ seconds when we got a negative residual. From this we obtained

$$T=1350^{sec.}=22.47^m.$$

We have said above that the great discrepancy between the observed and the calculated periods may have been due to the assumption that the normal curve consists of four inclined straight lines. In order to examine this point, we applied the method of calculation adopted under (8) according to Du Boys's formula to the reduced lake given in Table 30, considering it as a lake of uniform breadth but of variable depth σ . According to (8), the required period is

$$T=\frac{4}{\sqrt{g}}\sum\frac{l}{\sqrt{\sigma'}+\sqrt{\sigma''}}$$

where l is the distance between two consecutive transverse sections, with depths σ' and σ'' . In the former case, l was constant, but in

the present case it is variable, being the difference of two consecutive values of ν in Table 30. The result of the calculation was that

$$T=17.76 \text{ minutes.}$$

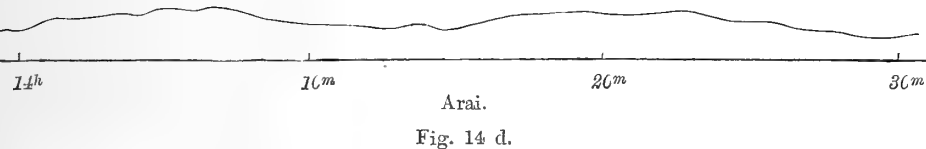
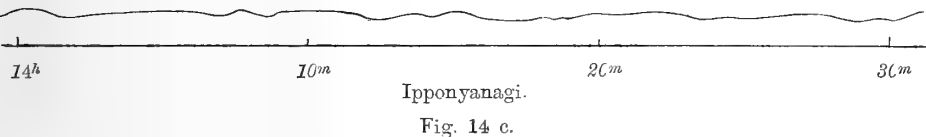
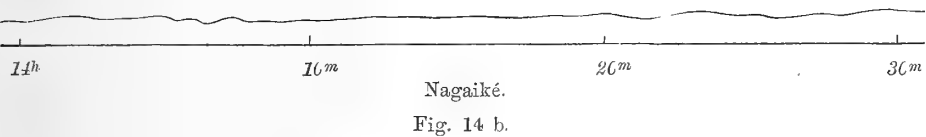
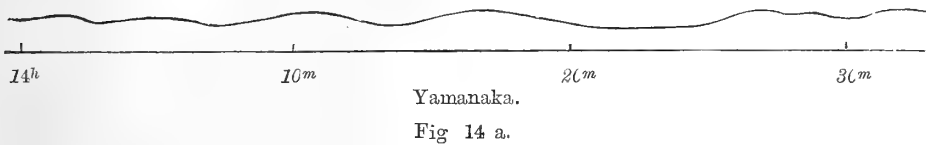
This agrees decidedly better with the observed value than the former value calculated on the assumption of the four straight inclined beds.

§ 4. Yamanaka Lake.

Yamanaka lake lies on the northeastern side of Mt. Fuji at $138^{\circ}52'$ E. and $35^{\circ}25'$ N., and belongs to the chain of lakes that encircles the famous volcanic cone. Its length is about 5 kilometers, its maximum width 2 kilometers, and its surface is about 980 meters above sea level. It is very shallow, the maximum depth, as measured by us, being only 15 meters.

LAKE YAMANAKA.

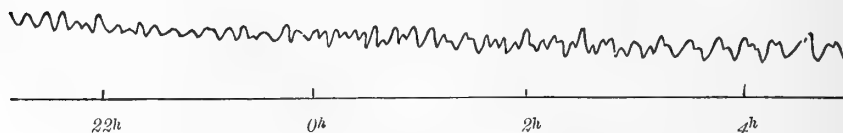
Sept. 2, 1902.



Four limnimeters of the "N" type were set up at the four stations Yamanaka, Nagaiké, Arai and Ipponyanagi, and simultaneous records extending over three days were taken at them. At the same time, we occupied ourselves with taking soundings of the lake at different points, the result of which is given in Plate X.

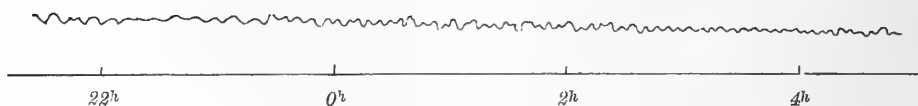
Figs. 14 and 15, give specimens of the curves obtained at the several stations at two different speeds of the clockwork, and as the curves are drawn on the natural scale, they show how the amplitudes were

Sept. 3-4, 1902.



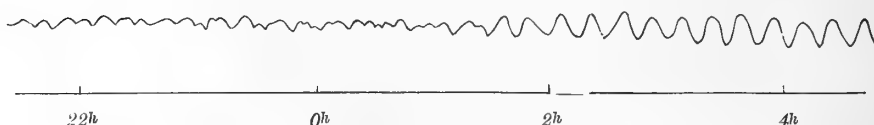
Yamanaka

Fig. 15 a.



Ipponyanagi.

Fig. 15 b.



Arai.

Fig. 15 c.

everywhere very small, and how difficult it was to determine the periods of the seiches and compare the phases at the several stations. The periods observed are of three kinds:

TABLE 32.

Yamanaka.	15.60×5	10.58×1	5.50×15
Nagaiké.	—	10.90×1	5.56×1
Arai.	15.63×6	—	5.30×5
Ipponyanagi.	—	10.40×2	5.66×1

In this table, the periods are expressed in minutes, followed by the number of times they were observed. The weighted means give

us, as the periods of seiches in the lake of Yamanaka,

$$T_1 = 15.61 \text{ minutes,}$$

$$T_2 = 10.57 \quad ,,$$

$$T_3 = 5.46 \quad ,,$$

which are in the ratios of

$$1.00:0.68:0.35.$$

T_1 was observed at the two end stations, and as an examination of the records shows, the two stations were in opposite phases, which indicates that the motion T_1 must be the uninodal longitudinal seiche. T_2 was observed at Ipponyanagi, Nagaiké, and Yamanaka, though only a few times in all. The amplitudes were too small to enable us to compare the phases at these stations and to draw an exact conclusion from them. It is however, without doubt, the binodal longitudinal seiche, as will be seen further on.

The total surface area A and the total volume V of the lake are calculated from the data furnished by our soundings, and found to be

$$A = 6.74 \times 10^{10} \text{ sq. cm.,}$$

$$V = 5.53 \times 10^{13} \text{ c. cm.,}$$

which give us as the mean depth

$$h = 820 \text{ cm.}$$

The length and the width measured along the deepest points are 5.42×10^5 and 2.04×10^5 cm. respectively, from which we deduce that the period of the uninodal longitudinal seiche is 20.1 minutes and that the ratio of the periods of the uninodal longitudinal and the transversal seiches is 1.00:0.38. Though the value, 20.1 minutes, very much exceeds the observed value, $T_1 = 15.61$ minutes, yet as the ratio 1.00:0.38 comes so near the ratio $T_1:T_3$ above obtained, it is very probable that the motion T_3 is the uninodal transversal seiche.

The experiment conducted with a model in cement gave three different motions with the following periods

$$t_1=0.90 \text{ sec.},$$

$$t_2=0.50.$$

$$t_3=0.39.$$

Their modes of oscillation were photographed and are reproduced in Plate XI. The existence of other motions could not be determined with certainty, as the periods for them were too small. The ratios between these three periods are

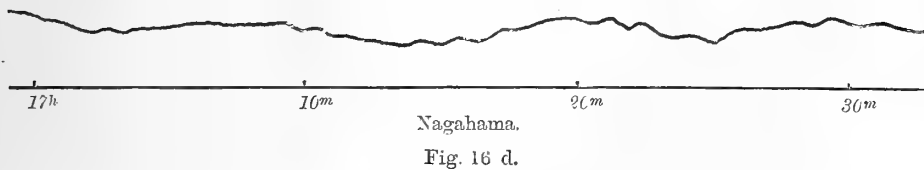
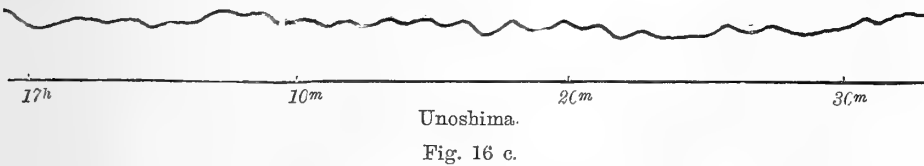
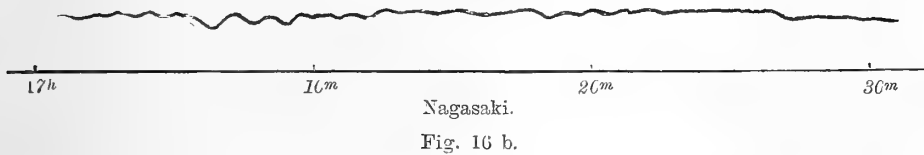
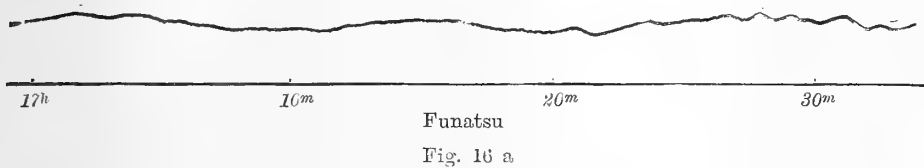
$$t_1:t_2:t_3=1.00:0.67:0.43$$

From the period $t_1=0.90$ sec. of the uninodal oscillation of the model, we deduce a period of 15.9 minutes as that of the actual lake. Again as the ratio $t_1:t_2$ is nearly equal to the ratio $T_1:T_2$, we may safely conclude that $T_1=15.61$ minutes is the uninodal longitudinal seiche, and the $T_2=10.57$ minutes is the binodal longitudinal seiche of the lake. With respect to the third motion, the correspondence of T_3 and t_3 is not so good as in the other motions. The photograph of t_3 shows that it has a nodal line of nearly circular form, with its concavity turned toward the station of Nagaiké, and another nodal line running across the narrow neck in the northeastern end. The motion is therefore mainly transversal, and we may describe t_3 as the transversal oscillation with a secondary synchronous motion in the neck. If we assume that T_3 corresponds to t_3 , then the observed motion with a period of 5.46 minutes is the uninodal transversal seiche of Yamanaka lake.

§ 5. Kawaguchi Lake.

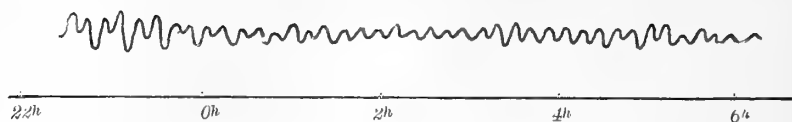
Kawaguchi lake lies to the north of Mount Fuji at $138^{\circ}45'$ E and $35^{\circ}30'$ N. Its length is about 5 kilometers and its width is from 0.5 to 1.5 kilometers, its surface being about 820 meters above sea level (Plate XII). The beautiful island of Unoshima is

Aug. 30, 1902.



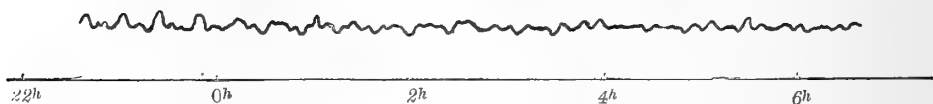
near the narrowest portion of the lake, being a part of a ridge running parallel to the meridian and dividing the lake into two almost independent parts. The deepest point of the lake is just west of this ridge where the depth is 19 meters. Four limnimeters of the "N" type were set up at Funatsu, Nagasaki, Unoshima, and Nagahama, and simultaneous records were taken for four

Aug. 31-Sept. 1, 1902.



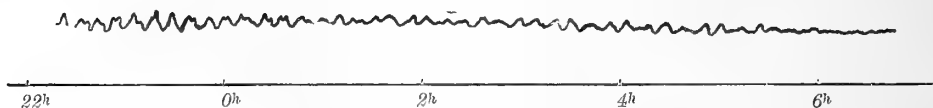
Funatsu.

Fig. 17 a.



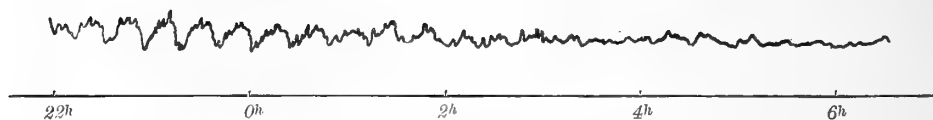
Nagasaki.

Fig. 17 b.



Unoshima.

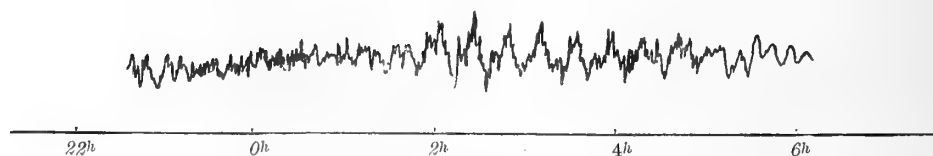
Fig. 17 c.



Nagahama.

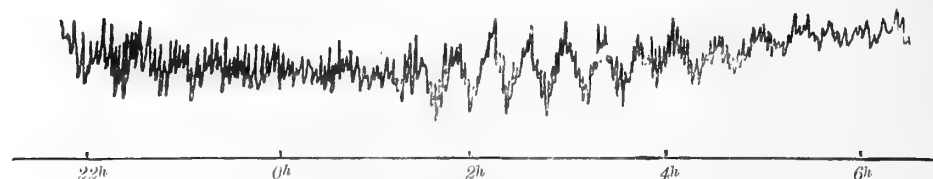
Fig. 17 d.

Aug. 30-31, 1902.



Funatsu.

Fig. 18 a.



Nagahama.

Fig. 18 b.

successive days. The recorded amplitudes were greater than those in Yamanaka lake, yet as the accompanying curves show, they were not generally large enough to allow us to determine the phases and the periods exactly. As might be expected from the complex form of the lake, a number of different oscillations were observed.

TABLE 33.

Funatsu...	22.80 \times 10,	11.24 \times 17,	10.89 \times 11,	8.66 \times 10,		
Nagasaki.	23.37 \times 3,	11.42 \times 3,	10.52 \times 7,	3.58 \times 3,		6.50 \times 4.
Unoshima.		11.46 \times 4,	10.59 \times 8,	8.27 \times 2,	7.82 \times 4.	
Nagahama.	23.05 \times 9,	11.30 \times 1,	—			6.22 \times 2.

The weighted means of these periods are

$$T_1 = 22.98 \text{ minutes,}$$

$$T_2 = 11.50 \quad ,,$$

$$T_3 = 10.66 \quad .,$$

$$T_4 = 8.58 \quad ,,$$

$$T_5 = 7.82 \quad ,,$$

$$T_6 = 6.36 \quad ,,$$

which stand in the ratios

$$T_1 : T_2 : T_3 : T_4 : T_5 : T_6 = 1.00 : 0.50 : 0.46 : 0.37 : 0.34 : 0.27.$$

As T_1 was most frequently observed at the two end stations, Funatsu and Nagahama, there is no doubt that it was the uninodal longitudinal seiche. The comparison of the phases shows us also that these stations were in opposite phases (Figs. 18 *a* and *b*). It is a remarkable fact that other oscillations were seldom observed on the western, or Nagahama, side of the lake.

From the total surface area A and the total volume V of the lake, calculated from the data obtained by our soundings, viz.

$$A=5.75 \times 10^{10} \text{ sq. cm.,}$$

$$V=5.53 \times 10^{13} \text{ c. cm.,}$$

we get the mean depth h

$$h=963 \text{ cm,}$$

which combined with the length of the lake

$$L=5.86 \times 10^5 \text{ cm.}$$

gives, according to Mérian's formula, a period of 20.1 minuts for the uninodal longitudinal motion.

A model of the lake was constructed in cement and from its oscillations (Plate XIII), we got three longitudinal motions with periods

$$t_1=1.36 \text{ sec.,}$$

$$t_2=0.62 \text{ ,,}$$

$$t_3=0.46 \text{ ,,}$$

which are in the ratios

$$t_1:t_2:t_3=1.00:0.45:0.35.$$

The first uninodal motion t_1 gives on reduction a period of 23.86 minutes for the actual lake, and evidently corresponds to T_1 . The second is a binodal oscillation of the whole lake, but the amplitude is large only on the Funatsu side of the model, the level on the Nagahama side apparently remaining quite still. As the ratio $t_1:t_2$ is very nearly equal to the ratio $T_1:T_3$, and as T_3 was not observed at Nagahama, we may perhaps conclude that the motion $T_3=10.66$ minutes is binodal. The third motion t_3 with a period of 0.46 sec. is trinodal, but as one of its nodal lines is very much curved, and touches the shore, it may be called quadrinodal. From the ratio $t_1:t_3$, it is probable that t_3 corresponds either to T_4 or to T_5 , but owing to the shortness of their periods we can not decide which is right. We are inclined however to think that $T_4=8.58$ minutes corresponds to t_3 and is trinodal. As to the motion $T_2=11.50$

minutes, which was frequently observed at Funatsu, we can not say definitely what it is. Since however

$$T_2 = \frac{1}{2} \cdot T_1,$$

and since it is nearly equal to T_3 , it is very probable that it is the result of the interference of the two motions T_1 and T_3 . When a motion T_1 coexists with another T_3 with nearly half the period, then at the moment when their phase relations are such that their high waters coincide, we get a resultant motion like *a* in the accompanying figure; while, on the contrary, when their low waters coincide,



Fig. 19.



Fig. 19.

the resultant motion is like *b*; and lastly in the intermediate stage, we have apparently a simple wave with a period $\frac{1}{2} \cdot T_1$. The effect of the interference of two such oscillations as T_1 and T_3 is therefore that the resultant motion changes gradually from the state *a* to the state *b* by passing through an intermediate stage of an apparently simple wave with a period $\frac{1}{2} T_1$ and then returns back to the initial state. Such a gradual transition is seen in the beginning of the curve of Funatsu in Fig. 17. We are forced to say that the motion T_2 does not in reality exist.

§ 6. Hamana Lake.

Hamana lake is situated at $138^{\circ}43'$ E. and $34^{\circ}44'$ N. It is connected with the Pacific Ocean by a narrow channel formed by the destructive earthquake which took place on the 20th of September, 1498. Its form is very complex being formed by smaller lakes joined by narrow canals and has a number of small arms (Plate XIV). The main lake is more than 5 kilometers long and from 2 to 3 kilometers wide. By our soundings it was found to be very shallow, being only two or three meters deep in most places. Even at the deepest point, which lies at the entrance of a small canal connecting the main lake with a smaller lake on the north, it is only a little more than 16 meters deep, so that it must be said: that it is most unsuitable for observing the phenomena of seiche. The interest, however, lies rather in the opposite direction, that is, in studying whether in such shallow lakes, an oscillatory motion of the whole mass of water can by any means be excited, and also in searching for the effect of the tides in it.

Owing to its excessive shallowness and to the influence of the tides, which produced sometimes a double amplitude of about 10 centimeters, the proper seiches were very difficult to produce, and even when produced, they were soon damped away, so that it was rather hard to detect and pick them out from the records (Plate XV). We set up three limnimeters of the "N" type at Washizu, Horié and Ōsaki, and took curves extending over four days. We succeeded only in isolating the following periods from the records.

TABLE 34.

Washizu.....	37.3×1		11.72×1	9.46×1	
Horié		12.18×9			8.74×1
Ōsaki.		12.64×7		9.64×1	

Thus the only motion apparently having any significance in this lake is the one with a period a little greater than 12 minutes, observed at Ōsaki and Horié. The period of 11.72 minutes once observed at Washizu may also belong to the same motion. Assuming this, the period of this motion is

12.34 minutes.

With a model constructed of cement, we could excite only two motions, viz. a motion with a period of 1.15 sec., and another

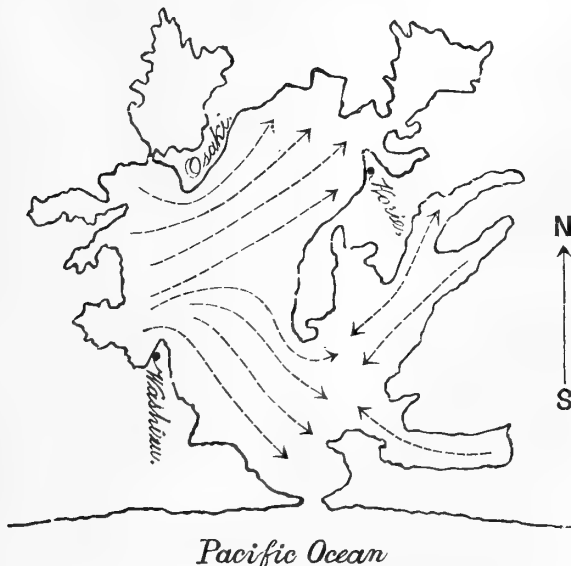


Fig. 20.

with a period a little greater than 0.3 sec., but much smaller than 0.4 sec.. Both were, however, very difficult to excite, and were

damped away very soon. The mode of oscillation of the first motion is roughly reproduced in Fig. 20, in which we see a principal motion accompanied with many secondary motions. On reduction, this motion is found to correspond to a motion with a period of 39.3 min. in the actual lake, which is probably identical with the motion 37.3 min. once observed at Washizu. The second motion of the model was principally a motion of the deep basin on the north side of the lake, and is equivalent to a motion with a period of 10-14 min. in the actual lake. It probably corresponds to the observed seiche with a period of 12.34 min.. This view is further supported by the fact that the phases at the stations Horie and Ōsaki were found to be opposite.

As to the effect of the tides on the lake, it produced, as already mentioned, a double amplitude of about 10 cm.. In order to compare the times of high and low water for the diurnal tides within the lake with those in the open sea, we must calculate the latter from the observations at the nearest tide-gauge stations. They are situated at Kushimoto and Misaki, each more than a hundred miles distant from Hamana. As it is known that on the Pacific coast of Japan, the co-tidal lines are nearly parallel to the meridians, we may calculate the required times by simple interpolations with respect to longitude. In the following table, the times of high (H) and low (L) water at the two stations are taken from their mareograms.

TABLE 35.

Kushimoto. (135°45' E)			Misaki. (139°37' E)			Hamana, calc. (137°36' E)		
		<i>h</i> <i>m</i>		<i>h</i> <i>m</i>			<i>h</i> <i>m</i>	
L	Aug. 23	2 5	23	0 43		23	1 26	
H		8 3		6 22			7 14	
L		14 19		12 48			13 35	
H		20 16		18 48			19 33	
L	24	2 40	24	1 2		24	1 53	
H		8 53		7 34			8 15	
L		14 56		13 22			14 11	
H		20 46		19 26			20 7	
L	25	3 40	25	2 15		25	2 59	
H		9 40		8 22			9 3	
L		15 20		13 47			14 35	
H		21 38		20 21			21 1	
L	26	4 36	26	3 3		26	3 51	
H		71 34		9 55			10 46	
L		16 3		14 52			15 29	

In the following table, the times of high and low water and the heights of the level (measured from arbitrary datum lines) at the several stations are given.

TABLE 36.

		Washizu.			Hori.			Osaki.			Mean.		
		<i>h</i>	<i>m</i>	<i>cm</i>	<i>h</i>	<i>m</i>	<i>cm</i>	<i>h</i>	<i>m</i>	<i>cm</i>	<i>h</i>	<i>m</i>	<i>cm</i>
L	Aug. 24	18	13	146	18	17	75	18	8	33	18	13	85
H		23	22	235	23	21	147	23	11	119	23	18	167
L	25	7	44	124	7	50	49	7	31	11	7	42	61
H		12	7	168	12	17	97	12	12	52	12	12	106
L		18	24	114	18	31	38	18	50	5	18	35	52
H		—		186	0	34	107	0	14	71	—		121
L	26	8	46	89	8	49	12	8	48	-26	8	48	25

From this table we conclude first of all that the general level of the lake was continuously sinking during the interval here given; and that the amplitude of the tide at Horié seems to be somewhat smaller than those at Washizu and Ōsaki. We can not say definitely what the cause of this sinking of the level was. As the mareograms at Kushimoto indicate a very slow rise of the mean level of the sea on those days, and that at Misaki shows us that the sea-level there had a maximum height on the 25th, it may be conjectured that the mean level of the lake was higher than that of the sea, and that the sinking of the level of the lake was due to the flowing out of water from the lake to the sea. As the weather was very fine, it may also have been caused by strong evaporation.

In order to compare the relative retardation of high and low water within the lake, we have calculated the differences of the times at Washizu and at the other stations in the next table, in which + denotes the retardation.

TABLE 37.

	Tide at Washizu.				Retardation at	
					Horié.	Osaki.
L	Aug.	24	18 ^{<i>h</i>}	13 ^{<i>m</i>}	+ 4 ^{<i>m</i>}	— 5 ^{<i>m</i>}
H			23	22	— 1	— 11
L		25	7	44	+ 6	— 13
H			12	7	+ 10	+ 5
L			18	24	+ 7	+ 26
H			—		—	—
L		26	8	46	+ 3	+ 2
Mean					+ 5	0

Thus a given phase arrives at Washizu and Ōsaki simultaneously, and at Horié about 5 min. later. This accords well with the fact, that the amplitude of the tide at Horié is smaller than at the other places.

The retardation of the tide within the lake is given in the next table, in which the mean value of the times of high and low water within the lake is compared with that of the open sea as calculated before.

TABLE 38.

	Lake.				Sea.		Retardation.	
			<i>h</i>	<i>m</i>	<i>h</i>	<i>m</i>	<i>h</i>	<i>m</i>
L	Aug.	24	18	13	14	11	4	2
H			23	18	20	7	3	11
L		25	7	42	2	59	4	43
H			12	12	9	3	3	9
L			18	35	14	35	4	0
H			<hr/>		21	1	<hr/>	
L		26	8	48	3	51	4	57

Thus the retardation for a high tide is remarkably smaller than that for a low tide, the mean value for the former being 3 hours and 10 min., while that for the latter, 4 hours and 25 min.. This dissymmetry in the retardation may be easily accounted for by the general sinking of the level of the lake, before alluded to. Let us assume that the mean levels of the lake and the sea remain constant and that the amplitude of the tide is also constant, so that the changes of the levels can be represented by simple sinuous curves. Further assume that the connection between the lake and the sea is such that it can be diagrammatically represented by Figs. 21_a

and 21_b. Then evidently high and low waters in the lake are represented by the points *a* and *b* respectively, (Fig. 22) and the retardations for them are equal to each other, for the latter are simply the distances between the ordinates at *Aa* and *Bb*.

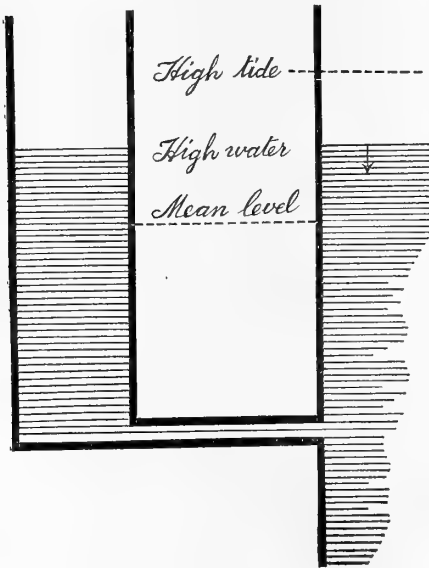


Fig. 21 a.

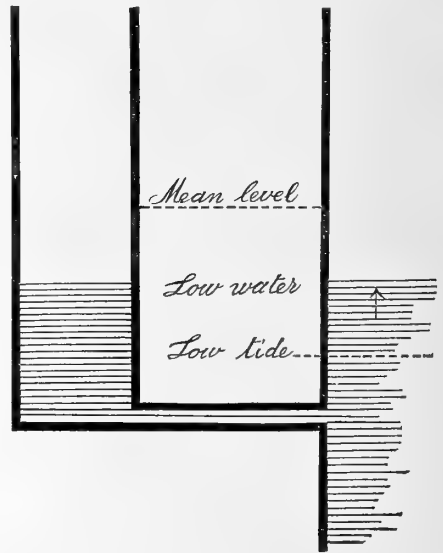


Fig. 21 b.

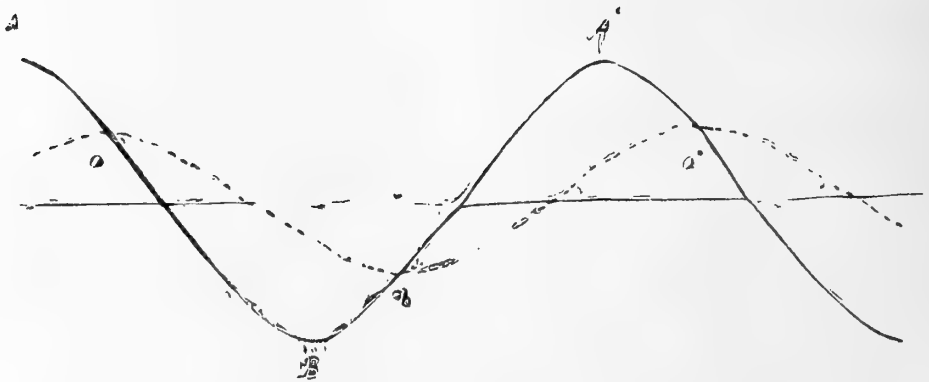


Fig. 22.

But when the mean level of the lake is sinking, then after high water *a*, as the relative velocity is diminished, the rate of the

falling water is slower than in the last case, and therefore the inclination of the curve becomes flatter; while on the contrary, the inclination after low water b becomes steeper. The result of this is that the point b is displaced toward the right, and the retardation for high water is made smaller than that for low water

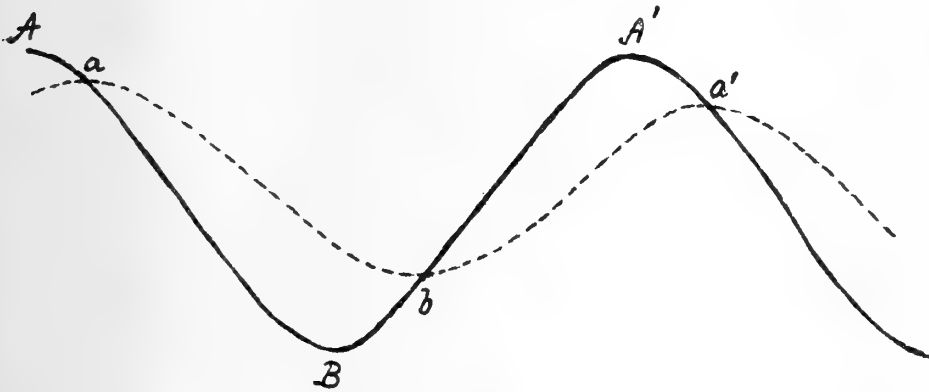


Fig. 23.

(Fig. 23), of which the former gets larger and the latter gets smaller till they are equal to each other, when the mean levels of the lake and the sea are of the same height.

Another point is worthy of attention. As the double amplitude of the tide is about 1.5 metres on the sea shore, at low tide the bed of the canal is higher than the level of the sea. The connection of the lake and the sea is therefore not like that shown in Fig. 21, but rather like that in Figs. 24_a and 24_b.

Fig. 24_a represents the condition when the level in the lake is highest; and Fig 24_b that when the level of the sea is lowest.

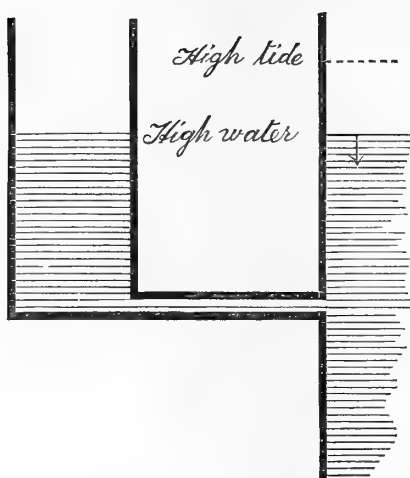


Fig. 24 a.

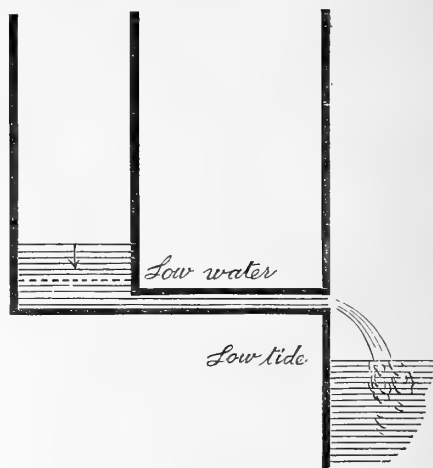


Fig. 24 b.

During a portion of low tide the head of the water flowing outward is determined by the height of the level of the lake above the bed of the channel, and not as in the previous case by the difference of their levels. The rate of the falling of the water in the lake is decreased, and causes a similar dissymmetry in the retardations of high and low waters. The effect of the inconstancy of the cross section of the flowing water probably makes this more prominent.

§ 7. Tōya Lake.

Tōya lake is situated at $42^{\circ} 36' \text{ N.}$, and $140^{\circ} 53' \text{ E.}$, in the island of Hokkaidō. and is the deepest lake in Japan, the maximum depth reaching 190 meters (Plate XVI). It is a crater lake of nearly circular form with a diameter of about 10.5 kilometres, and has some small conical islands in it which are very beautiful. The largest, which is just in the centre of the lake, is covered with pine trees.

During the summer vacation of 1905, one of us set up a limnimeter of the "H" type at Mukōtōya on the northern shore of the lake, and took a series of curves for 22 hours. At the commencement of the observations, the wind was blowing toward the station, and when it gradually subsided, the level fell by a few centimetres, showing that the wind heaped up the water toward the shore; and at the same time a simple oscillation with a period of

$$T=9.29 \text{ minutes}$$

made its appearance (Fig. 25_a). Toward the end of the observation, when the recording cylinder was driven at a slower speed, we had a very beautiful series of beat phenomena (Fig. 25_b).

Aug. 18, 1905.



Fig. 25 a.

Aug. 18-19, 1905.

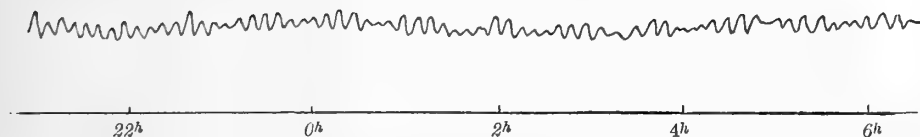


Fig. 25 b.

The soundings of the lake were made by the Naval Hydrographic Office, and the result was placed at our disposal. A model in cement was constructed, and an experiment with it showed us two uninodal oscillations. As the lake is circular, we can not distinguish them by the terms, longitudinal and transversal. In one of them, which we shall denote by t' , the nodal line runs E-W, and in the other t'' , it runs N-S (Plate XXII). In our model, their periods were found to be

$$t' = 0.67 \text{ sec.}$$

$$t'' = 0.76 \text{ sec.,}$$

which on reduction gave

$$t' = 10.3 \text{ minutes}$$

$$t'' = 11.8 \quad ,,$$

as the periods of seiches in the actual lake, and they are both greater than the observed period. We see from this experiment that as these motions have nearly equal periods, when they coexist we must have the phenomena of beat. Since the difference of t' and t'' is 1.5 minutes, we ought to have a maximum or a minimum amplitude every 6, or 7 oscillations, which agrees with the actual observations (Fig. 25). It is to be noted from Plate XXII, that as the lake has a shallow on its south side, though the loops for t' are situated symmetrically with respect to the meridian axis of the lake, the loops for t'' are unsymmetrically situated, i. e. they are much displaced to the south side of the lake,

Calculating the mean depth h of the lake by means of a planimeter, we find

$$h = 9.58 \times 10^3 \text{ cm.,}$$

and measuring the diametres of the lake along the directions suggested by the experiment with the model, we get

$$L' = 9.5 \times 10^5 \text{ cm.,}$$

$$L'' = 10.2 \times 10^5 \text{ cm.},$$

from which by Mérian's formula the following values for the periods are obtained,

$$t' = 10.3 \text{ minutes}$$

$$t'' = 11.2 \quad ,,$$

These are in close agreement with the values deduced from the model but somewhat exceed the observed periods. As our station Mukōtōya is situated near the nodal line for t'' , it is very probable that our observed period 9.29 minutes corresponds to the uninodal seiche t'' with an E-W nodal line.

§ 8. Chūzenji Lake.

Nikkō, a place noted for its beautiful scenery and splendid temples dedicated to the first and third Shōguns, lies within about 100 kilometres north of Tōkyō, and is a favorite summer resort of foreign residents. Among the mountains not far from Nikkō, is the famous and picturesque Chūzenji lake. It is nearly surrounded by steep and thickly wooded mountains, the great Nantai-san grandly towering on its northern side. The lake is about two kilometres wide and six kilometres long, its surface being 1316 meters above sea level. It is one of the deepest lakes in this country, and its greater part has a depth exceeding 100 metres, the maximum depth being 172 metres. The sounding of the lake was carried out by Viscount A. Tanaka, a zealous limnologist, who has very kindly allowed us to make use of his results and also to reproduce them in Plate XVIII.

During the summer vacation of 1905, a limnimeter of the "H" type was set up at Chūzenji, a village near the eastern end of the lake, and a series of limnograms were obtained continuing for 24 hours. The curve is a smooth sine curve, as is shown by the accompanying figure (26) in which *a*, and *b* are curves for two

Aug. 27, 1905.

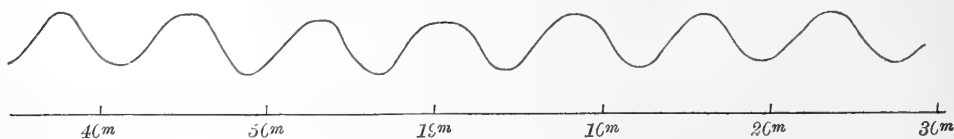


Fig. 25 a.

Aug. 27, 1905.

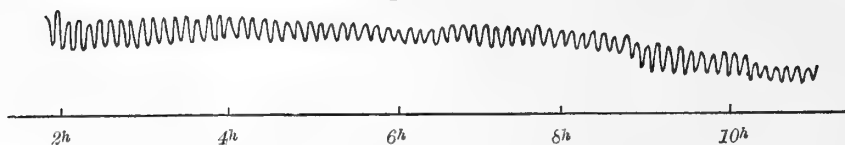


Fig. 26 b.

different speeds of the recording cylinder. Here the motion was so regular and the period so constant that the phase of the seiche after twelve hours could be predicted. The period found in this case was

$$T = 7.70 \text{ minutes.}$$

In the following year we had an opportunity to make further observations on the seiches of this lake. On the 6th of July 1906, a limnimeter of the "H" type was placed at Senju at the western end of the lake and another at Shōbugahama situated near the middle of the northern shore. From simultaneous records (Fig. 27), it was found that the period of the seiche was 7.7 minutes as in the previous year, and that the phases were the same at the two stations, and as the amplitude was very much smaller at Shōbugahama than at Senju, we saw that the nodal line must pass a little east of the former station. On the next day, simultaneous records were taken at Senju and Utagahama at the eastern end of the lake, and, as was expected, it was found that they were in the opposite phases. Leaving the limnimeter at Senju in its place till the end of the observations, the other instrument was carried to Shinnagi on the northern shore, where it recorded a motion of much smaller amplitude but of the same phase as that of Utagahama. As the oscillation was very regular, the phase of the motion at Shinnagi could be predicted from that at Utagahama. These two places are therefore on the same side of the nodal line. On the 8th, the motion of the water at Furunagi was examined with the result that the limnogram was a straight line showing that the nodal line passed through this spot. Simultaneous observations at Asegahama and Chūzenji on both sides of the lake near its eastern end also indicated that the oscillations of the water were in the same phase at these places.

July 6, 1906.



Fig. 27 a.

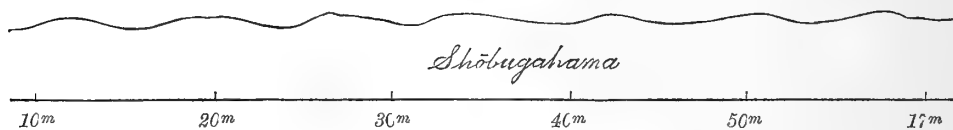


Fig. 27 b.

July 7, 1906.

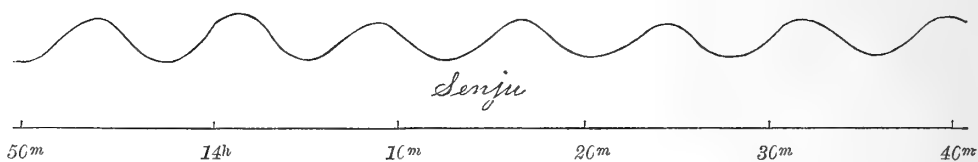


Fig. 27 c.



Fig. 27 d.

July 7, 1906.

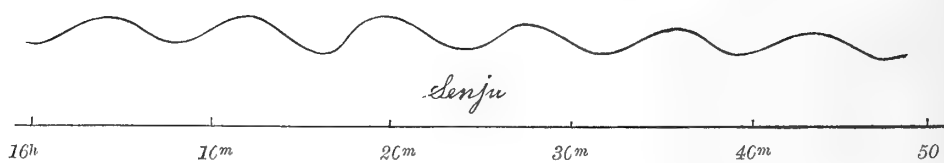


Fig. 27 e.

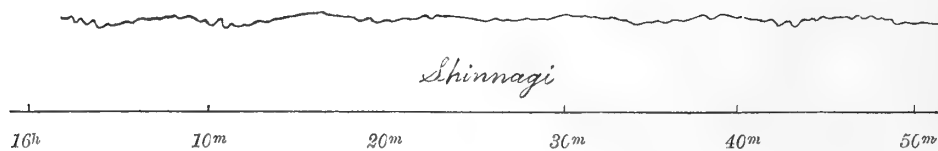


Fig. 27 f.

The periods obtained at the several stations were as fellows;

TABLE 39.

Senju	$7.77 \times 80,$
Chūzenji	$7.81 \times 24,$
Utagahama	$7.72 \times 40,$
Shōbugahama	$7.94 \times 9,$

As the amplitudes in other stations were too small, they are here omitted in determining the period. The weighted mean of the above value is

$$T = 7.77 \text{ minutes.}$$

From the above observations, it can be seen that the seiche of this lake is pure and simple, being a uninodal longitudinal oscillation with a period of 7.77 minutes. Owing to its great depth, a motion once excited continues for a long time without a sensible damping. During the course of the observations, it was also clearly seen that the chief agency agitating the mass of water and exciting the seiche in the lake is the wind.

From the bathymetric data, we have

$$L = 5.87 \times 10^5 \text{ cm.,}$$

$$h = 8.54 \times 10^3 \text{ cm.,}$$

where h is obtained by dividing the total volume by the total surface area of the lake, and the formula of Mérian gives us 6.72 minutes as the period of the uninodal seiche. The discrepancy between the calculated and the observed periods may perhaps arise from the fact that though the west half of the lake is approximately rectangular in shape, the other half extends considerably towards the south, so that as a whole, the form of the lake can by

no means be considered to be rectangular. But as the position of the nodal line was found by observation, we were able to calculate the period from data for the west half of the lake, and obtained 7.78 minutes for the period, taking

$$L = 2 \times 3.20 \times 10^5 \text{ cm.},$$

$$h = 7.70 \times 10^3 \text{ cm.},$$

which agrees better with the observed value.

For the verification of the above result, a model was made in cement on the scale of 1: 18400 and 1: 2000 for the length and the depth respectively. The uninodal oscillation reproduced in Plate VII Fig. 3. could only be found for it with a period

$$t = 1.12 \text{ sec.},$$

which gave on reduction a period of 7.70 minutes for the actual lake.

Mr. Ishitani calculated the period and the position of the node for this lake using his formula above cited with the result that, the period was found to equal 7.0 minutes, and the node to lie at 3.3 kilometres from the west end, both agreeing pretty well with the observed values.

Appendix. Seiches in a Small Pond.

There is a small pond within the grounds of the Imperial University of Tōkyō. During July 1904, one of the authors with Mr. T. Terada succeeded in recording two different motions of the pond. As it is of interest to see that there is a natural seiche in such a small mass of water, the general result then obtained is here given. The pond is irregular in form and has a small island in it, but its general contour is quadrilateral with diagonals about 90 metres long. The soundings were made by us, and the result is given in Fig. 28. The curves recorded on the 14th of July 1904 are also reproduced in Fig. 29.

The periods observed at three stations situated at the north-eastern, southeastern, and northeastern corners of the pond were;—

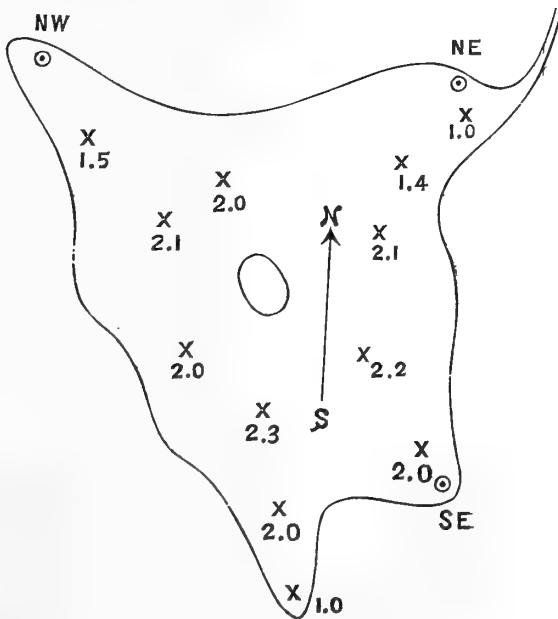


Fig. 28.

July 14, 1904.

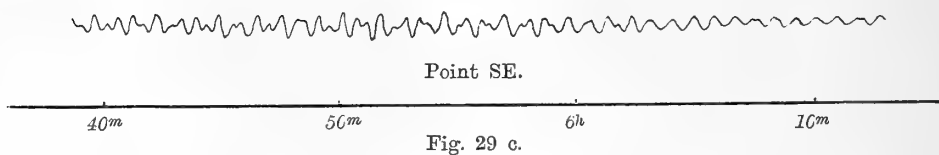
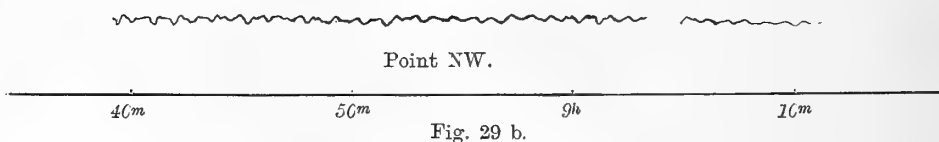
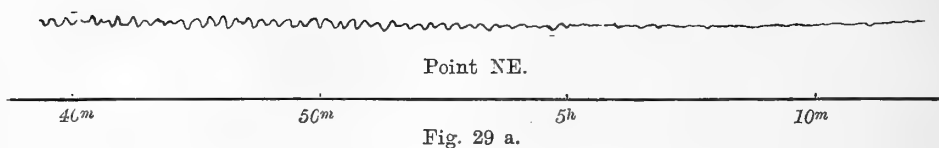


TABLE 40.

N W	52.5 sec. \times 13	31.1 sec. \times 18
N E		33.2 \times 21 32.4 \times 19
S E	51.7 \times 22 53.6 \times 14 52.0 \times 15	32.4 \times 20
Mean	52.3 sec.	32.3 sec.

Experiments with a model of the pond showed that the motion with the longer period of 52.3 sec. is the uninodal seiche executing its horizontal motion nearly parallel to the meridian. Taking the mean depth $h=1.5$ metres, and the length $L=98$ metres, the

period for it ought to be equal to 51.1 sec., almost coinciding with the observed value.



S. NAKAMURA and K. HONDA.

SEICHES IN SOME LAKES OF JAPAN.

PLATE I.

PLATE I.

Fig. 1.—N-Limnimeter used in Biwa, Hakonè, Hamana, Kawaguchi and Yamanaka lakes.

Fig. 2.—H-Limnimeter used in Tōya and Chūzenji lakes.

Fig. 1.

N—Limnimeter.

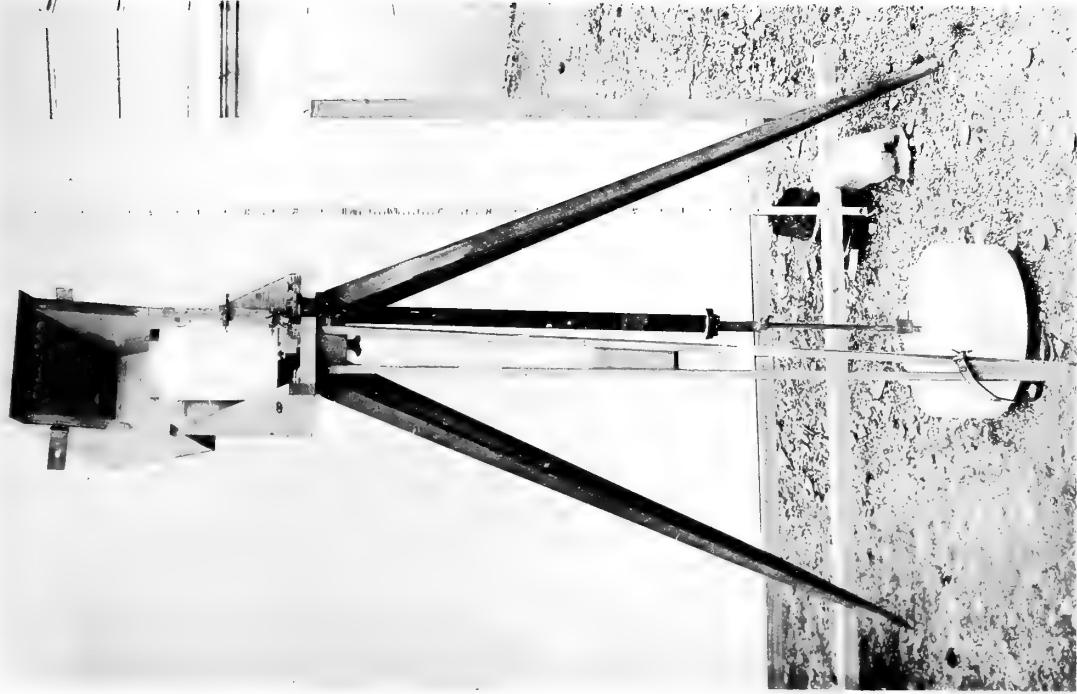
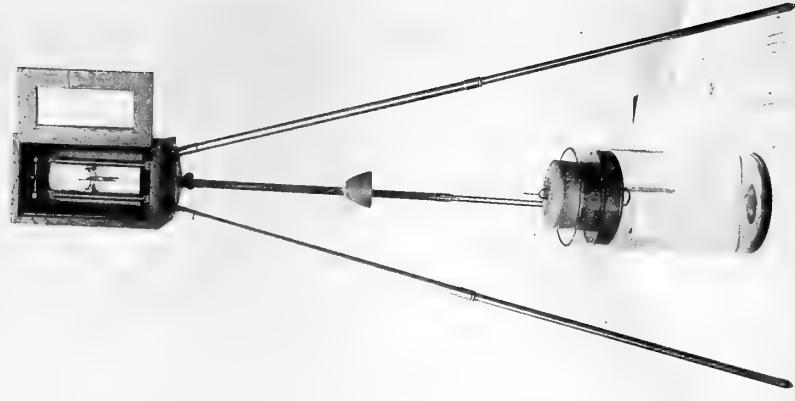


Fig. 2.

H—Limnimeter.



S. NAKAMURA and K. HONDA.

SEICHES IN SOME LAKES OF JAPAN.

PLATE II.

PLATE II.

Limnogram obtained at Ōtsu on Aug. 13-15, 1901, showing an extraordinary seiche caused by a thunderstorm. This and the succeeding limnograms are in natural size, so that the ordinates show the actual vertical motion of the water.

„Art.5. Plate II.



15 h

4 h

5 h

OTSU Aug. 18-16, 1901.



S. NAKAMURA and K. HONDA.
SEICHES IN SOME LAKES OF JAPAN.

PLATE III.

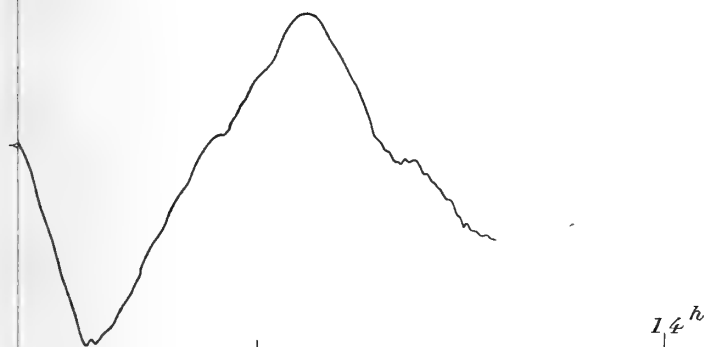
PLATE III.

Fig. 1.—Limnogram obtained at Imazu on Aug. 17, 1901.

Fig. 2.—Limnogram obtained at Imazu on Aug. 18, 1901.

These are further examples of seiche caused by thunderstorms.

Fig. 1.



Thunder

16^h

Fig. 2.

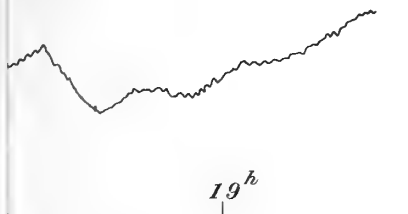


Fig. 1.

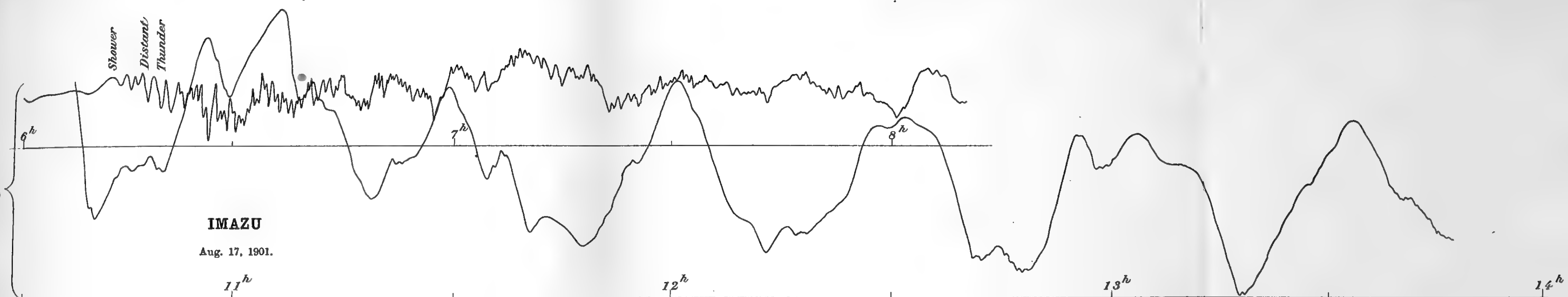
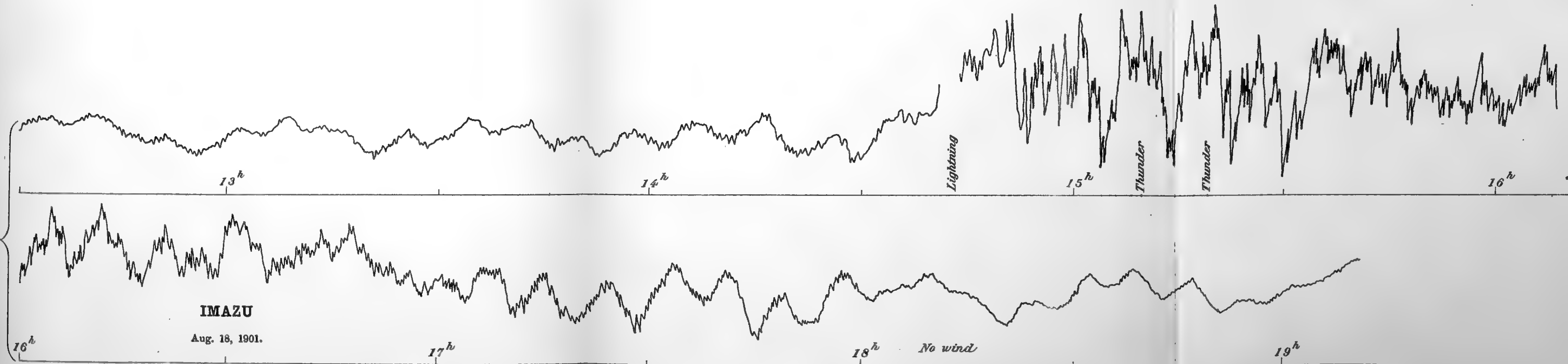


Fig. 2.



S. NAKAMURA and K. HONDA.

SEICHES IN SOME LAKES OF JAPAN.

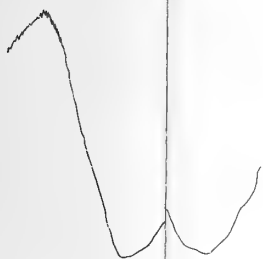
PLATE IV.

PLATE IV.

Limnogram obtained at Chōmeiji on Aug. 18, 1901.

Compare this with Plate III, Fig. 2.

t.5. Plate IV.

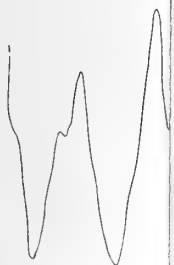


17

19^h



9^h



22^h

Chōmeiji. Aug. 18, 1901.

17^h

18^h

19^h

19^h

20^h

21^h

22^h

0^h

2^h

4^h

Aug. 19

S. NAKAMURA and K. HONDA.

SEICHES IN SOME LAKES OF JAPAN.

PLATE V.

PLATE V.

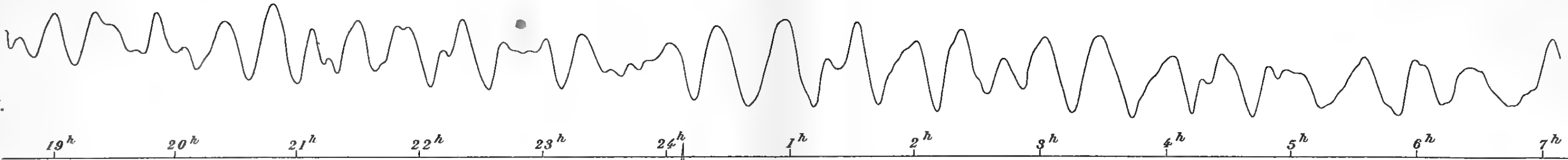
Limnograms obtained at Hikóné.

Fig. 1.—Ordinary seiche.

Fig. 2.—Effect of a thunderstorm.

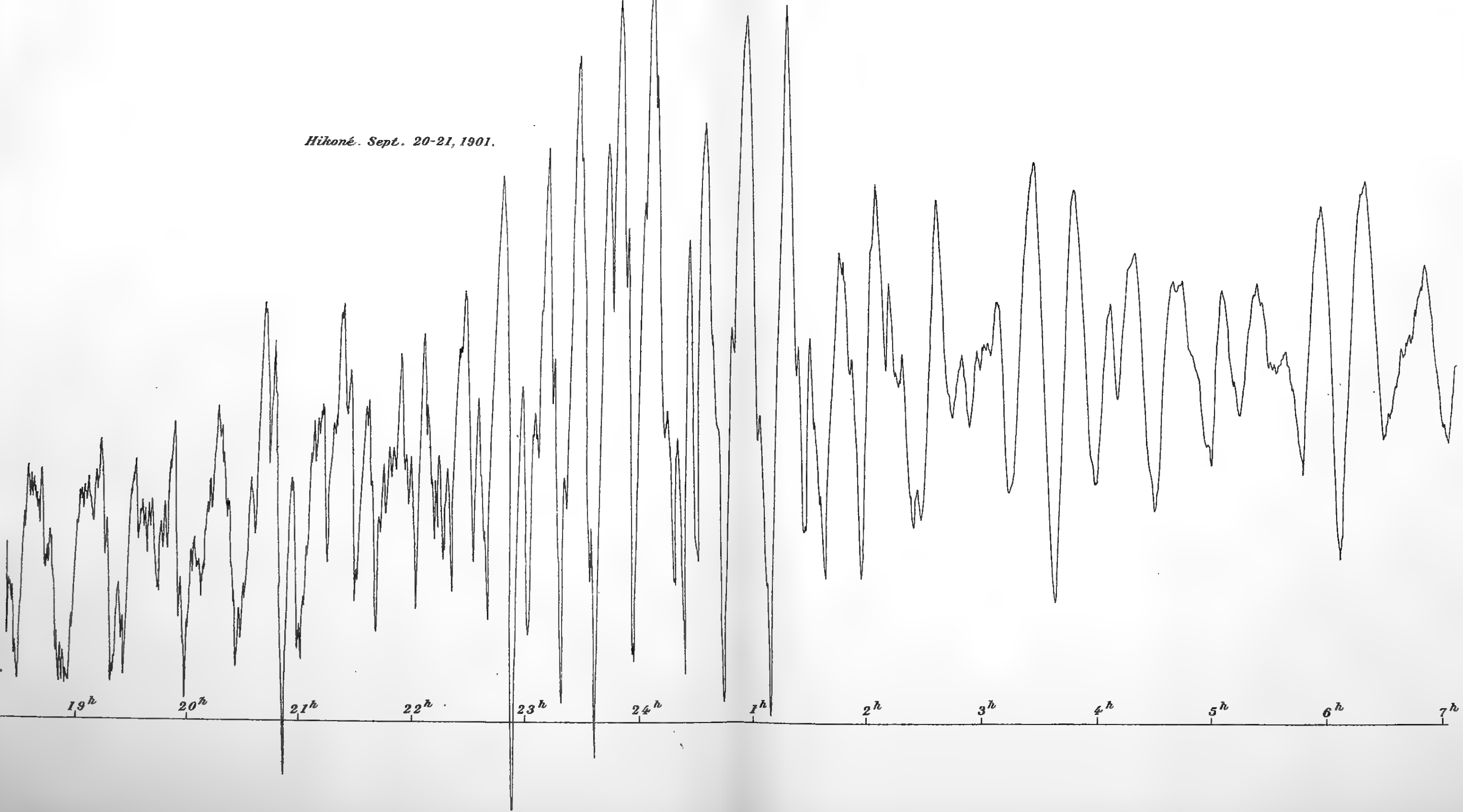
Hikone. Sept. 19-20, 1901.

Fig. 1.



Hikone. Sept. 20-21, 1901.

Fig. 2.



S. NAKAMURA and K. HONDA.

SEICHES IN SOME LAKES OF JAPAN.

PLATE VI.

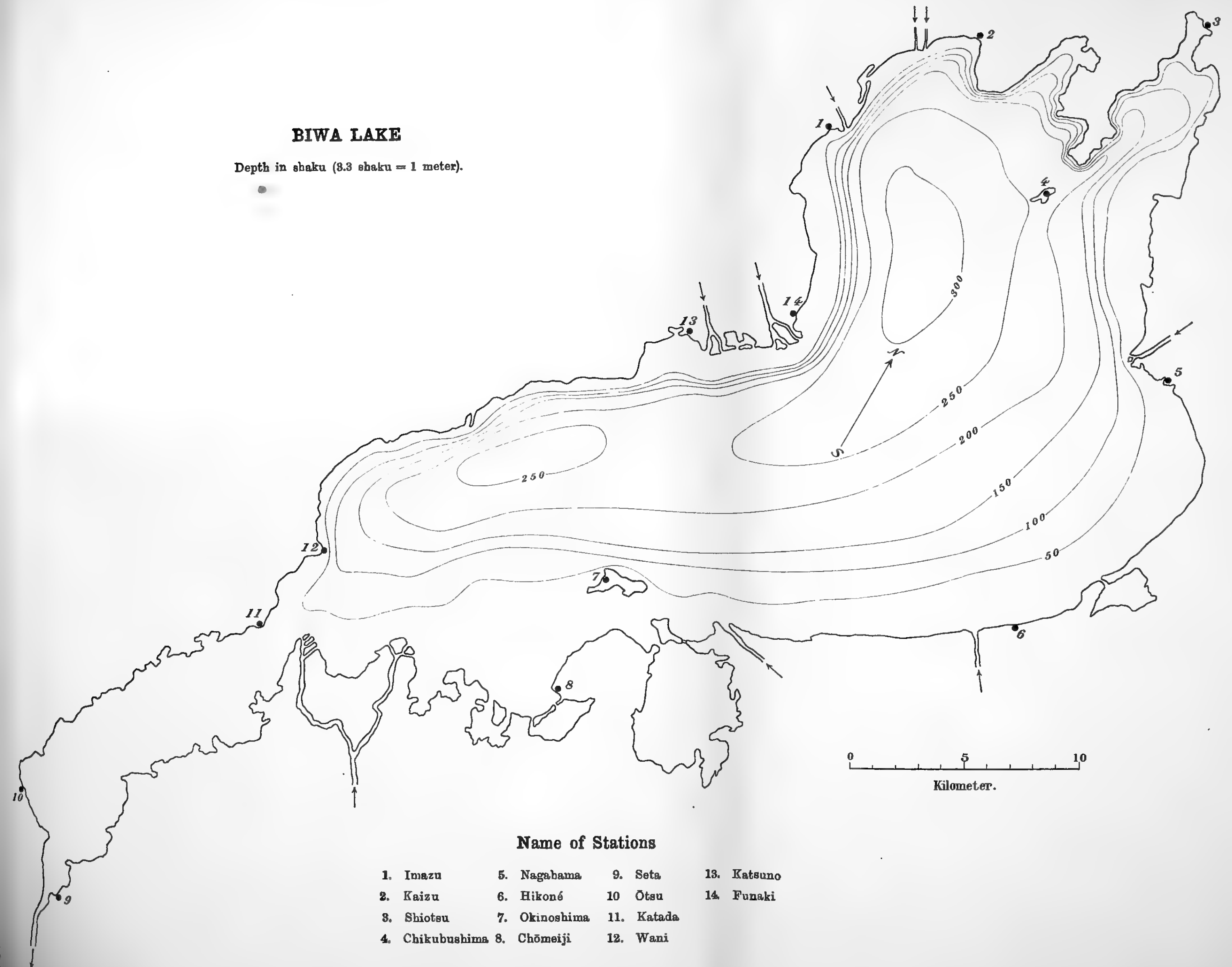
PLATE VI.

Map of Lake Biwa with isobathymetric lines, after Mr. Maeda.



BIWA LAKE

Depth in shaku (3.3 shaku = 1 meter).



Name of Stations

- | | | | |
|-----------------|---------------|------------|-------------|
| 1. Imazu | 5. Nagabama | 9. Seta | 13. Katsuno |
| 2. Kaizu | 6. Hikoné | 10. Ōtsu | 14. Funaki |
| 3. Shiotsu | 7. Okinoshima | 11. Katada | |
| 4. Chikubushima | 8. Chōmeiji | 12. Wani | |

S. NAKAMURA and K. HONDA.

SEICHES IN SOME LAKES OF JAPAN.

PLATE VII.

PLATE VII.

Figs. 1. and 2.—Photographs of the horizontal motion of water in
a model of Lake Biwa.

Fig. 3.—Ditto of Chūzenji lake.

Fig. 1.

Lake Biwa, $t_1=1.58$ sec.



Fig. 2.

Lake Biwa, $t_2=0.67$ sec.



Fig. 3.

Chūzenji lake, $t=1.12$ sec.



S. NAKAMURA and K. HONDA.

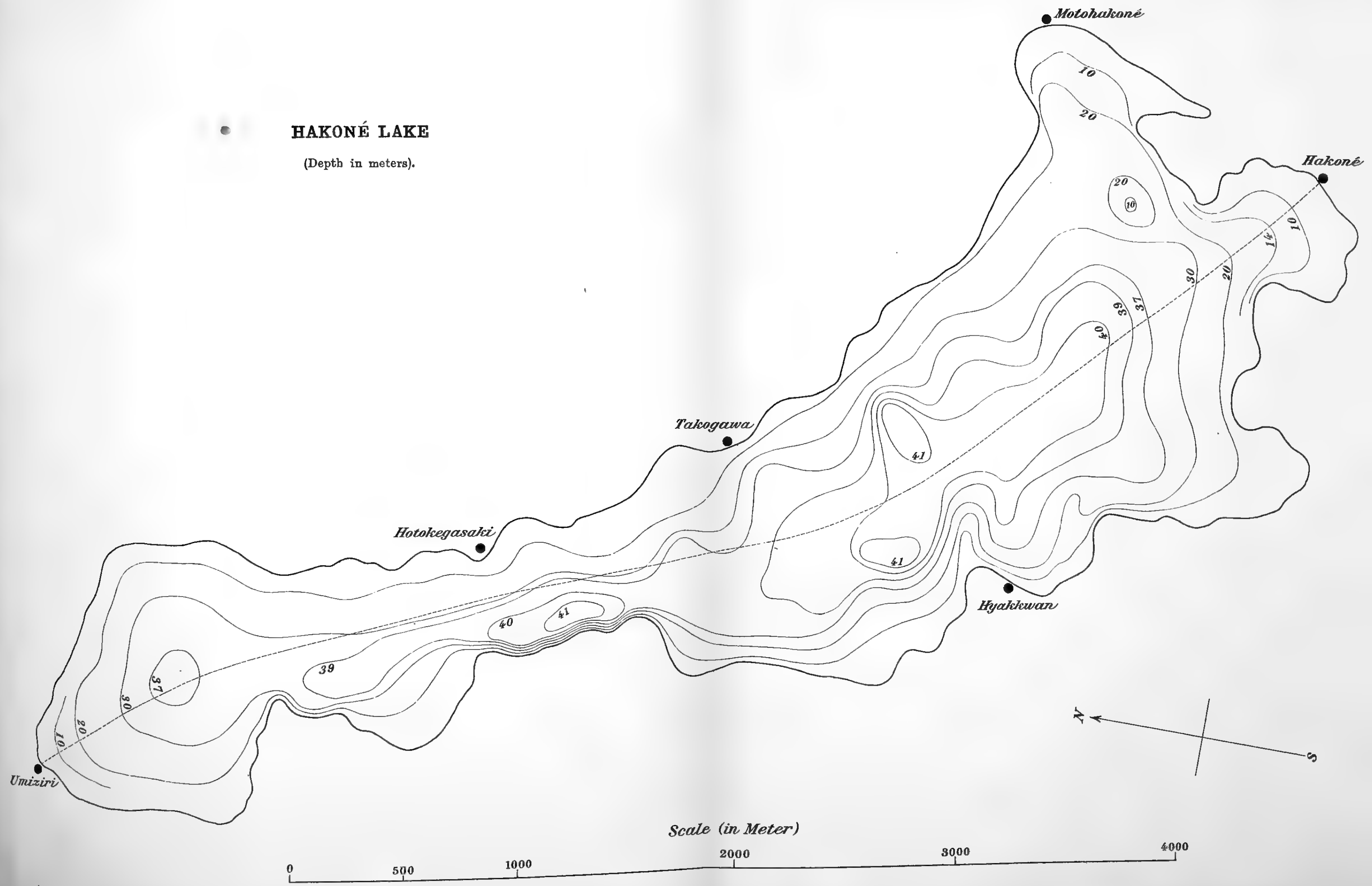
SEICHES IN SOME LAKES OF JAPAN.

PLATE VIII.

PLATE VIII.

Map of Hakoné lake with isobathymetric lines

HAKONÉ LAKE
(Depth in meters).



S. NAKAMURA and K. HONDA.

SEICHES IN SOME LAKES OF JAPAN.

PLATE IX.

PLATE IX.

Photographs of the horizontal motion of water in a model of
Hakoné lake.

Fig. 1.

Hakoné lake, $t_1 = 1.67$ sec.



Fig. 2.

Hakoné lake, $t_2 = 0.69$ sec.

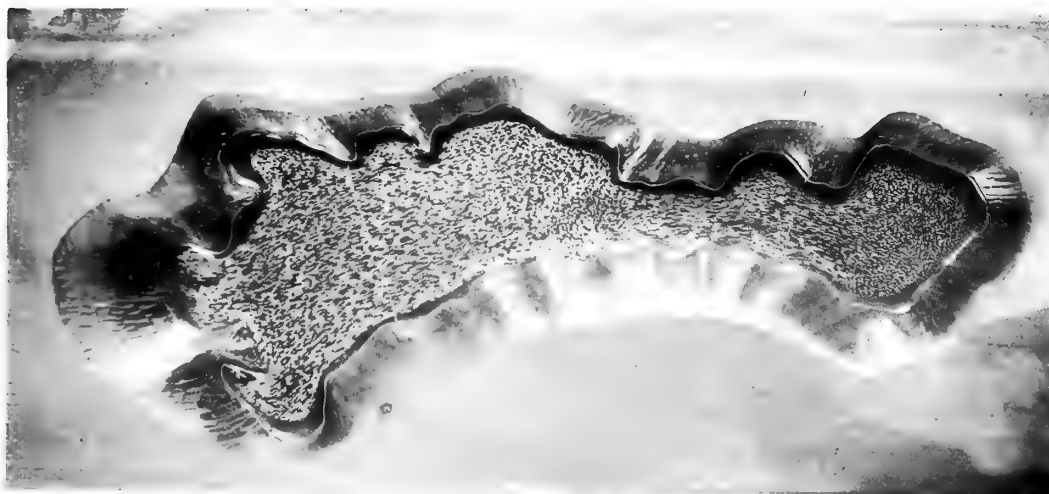
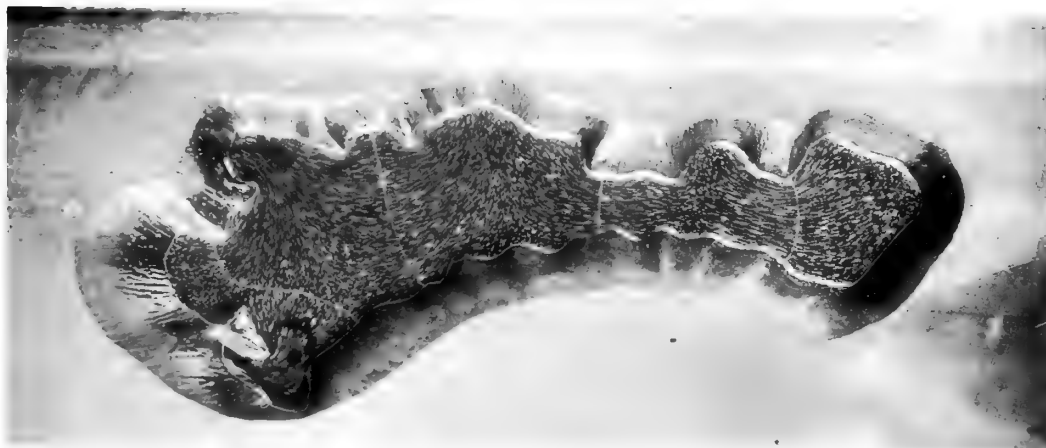


Fig. 3.

Hakoné lake, $t_3 = 0.44$ sec.



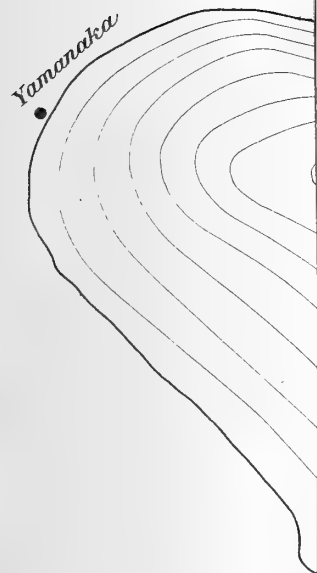
S. NAKAMURA and K. HONDA.

SEICHES IN SOME LAKES OF JAPAN.

PLATE X.

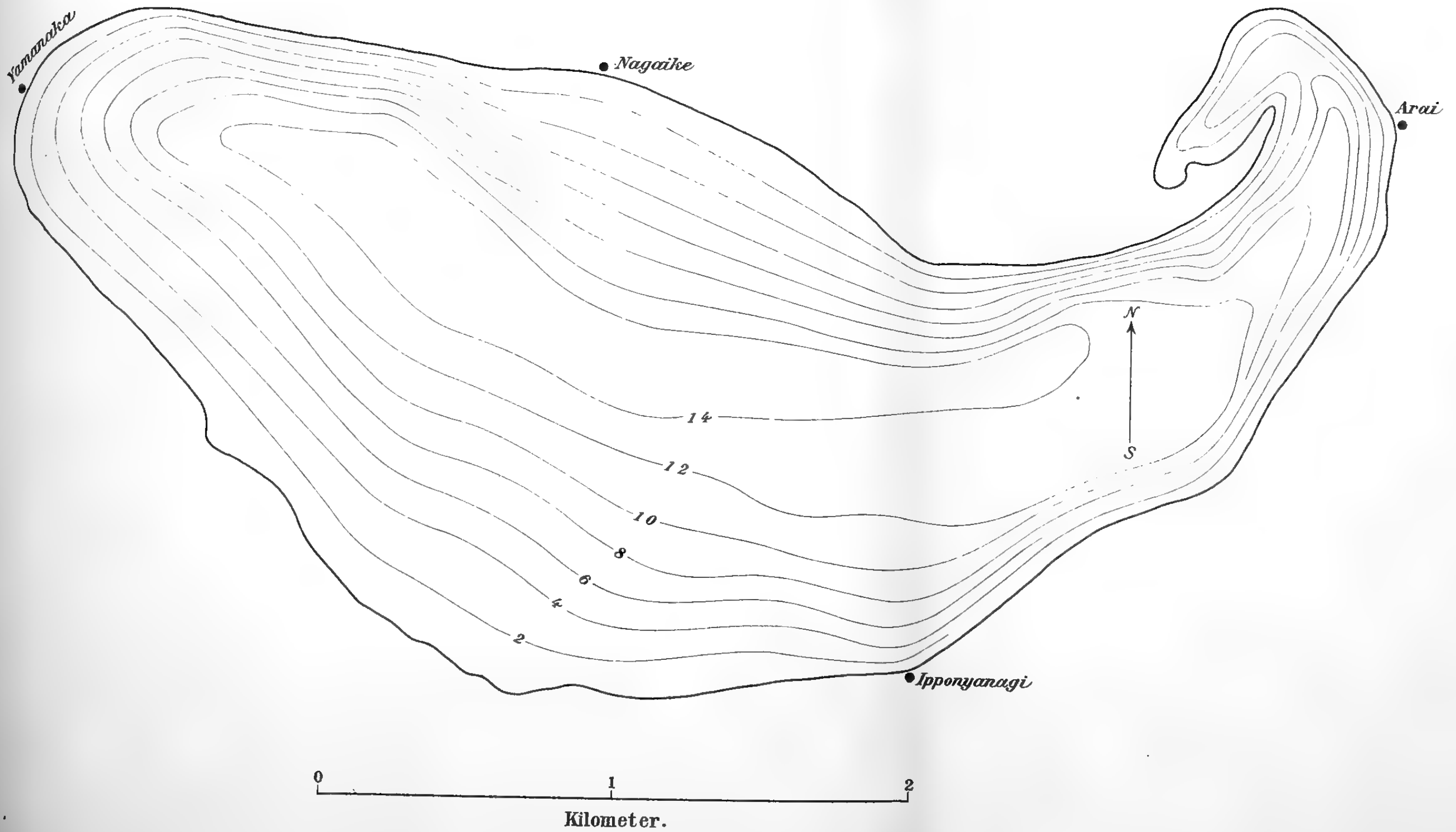
PLATE X.

Map of Yamanaka lake with isobathymetric lines.



YAMANAKA LAKE

(Depth in meters).



S. NAKAMURA and K. HONDA.

SEICHES IN SOME LAKES OF JAPAN.

PLATE XI.

PLATE XI.

Photographs of the horizontal motion of water in a model of Yamana lake.

Fig. 1.

Yamanaka lake, $t_1=0.90$ sec.



Fig. 2.

Yamanaka lake, $t_2=0.50$ sec.

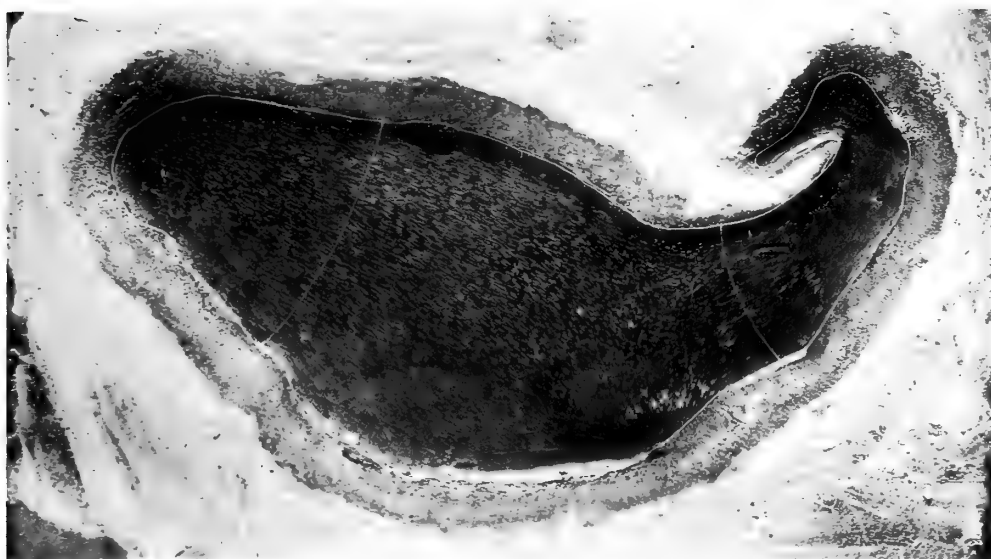


Fig. 3.

Yamanaka lake, $t_3=0.39$ sec.



S. NAKAMURA and K. HONDA.

SEICHES IN SOME LAKES OF JAPAN.

PLATE XII.

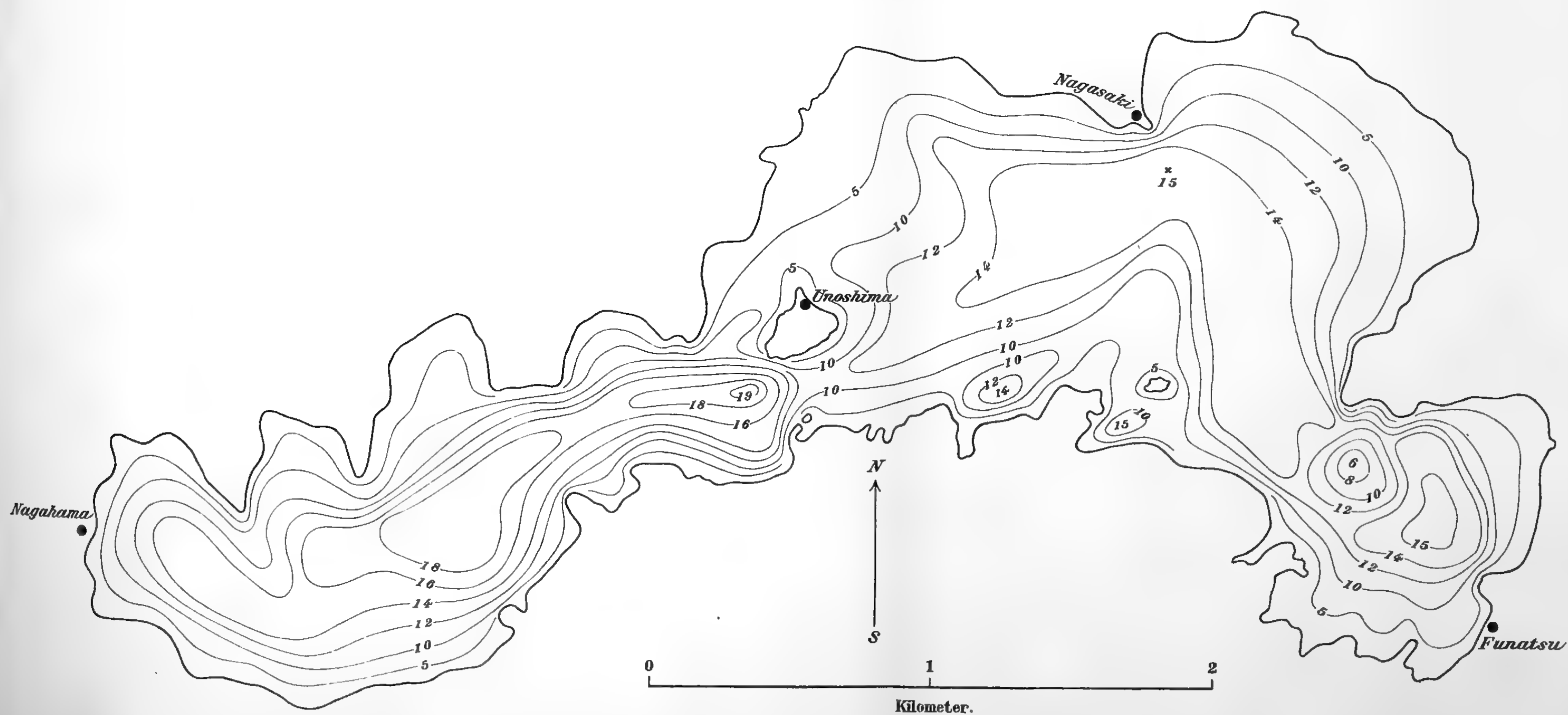
PLATE XII.

Map of Kawaguchi lake with isobathymetric lines.

Nagaha

KAWAGUCHI LAKE

(Depth in meters)



S. NAKAMURA and K. HONDA.

SEICHES IN SOME LAKES OF JAPAN.

PLATE XIII.

PLATE XIII.

Photographs of the horizontal motion of water in a model of Kawaguchi lake.

Fig. 1.

Kawaguchi lake, $t_1=1.36$ sec.

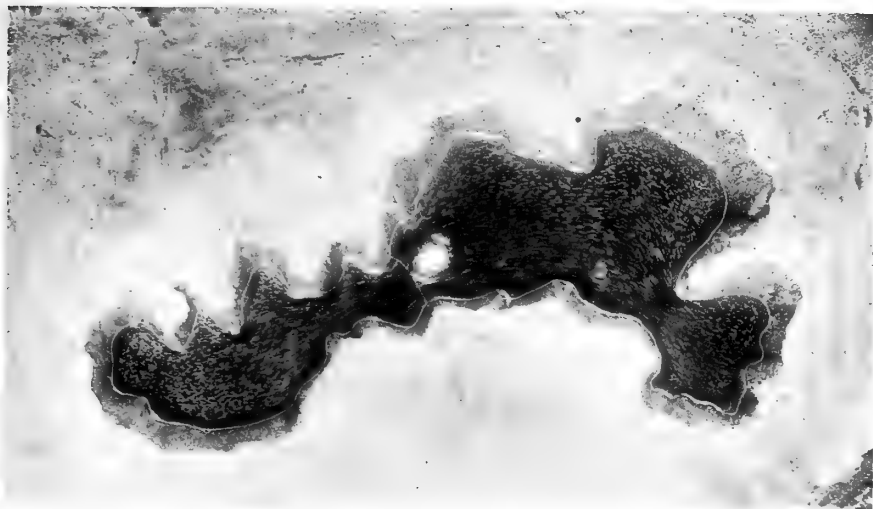


Fig. 2.

Kawaguchi lake, $t_2=0.62$ sec.

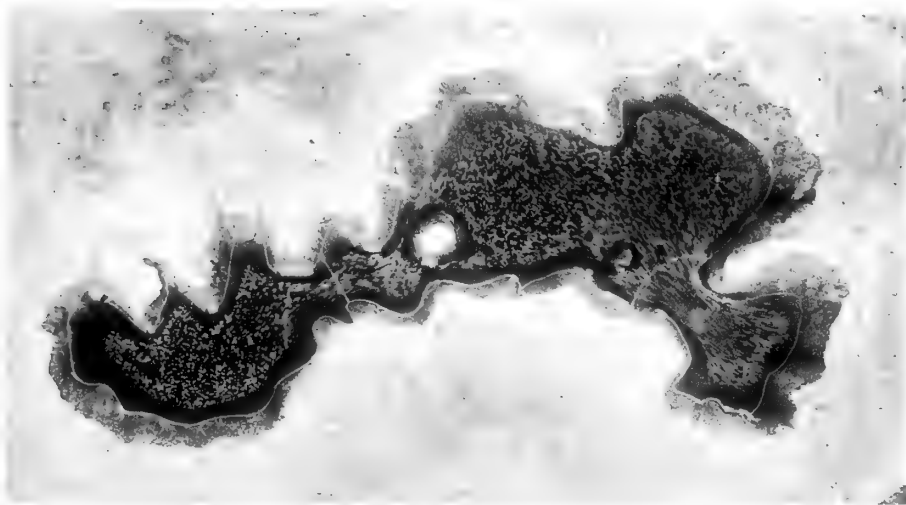
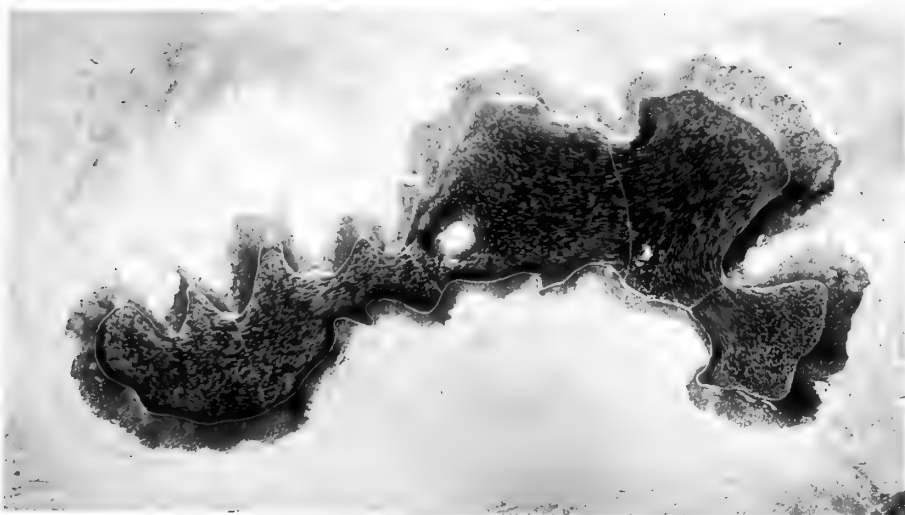


Fig. 3.

Kawaguchi lake, $t_3=0.46$ sec.



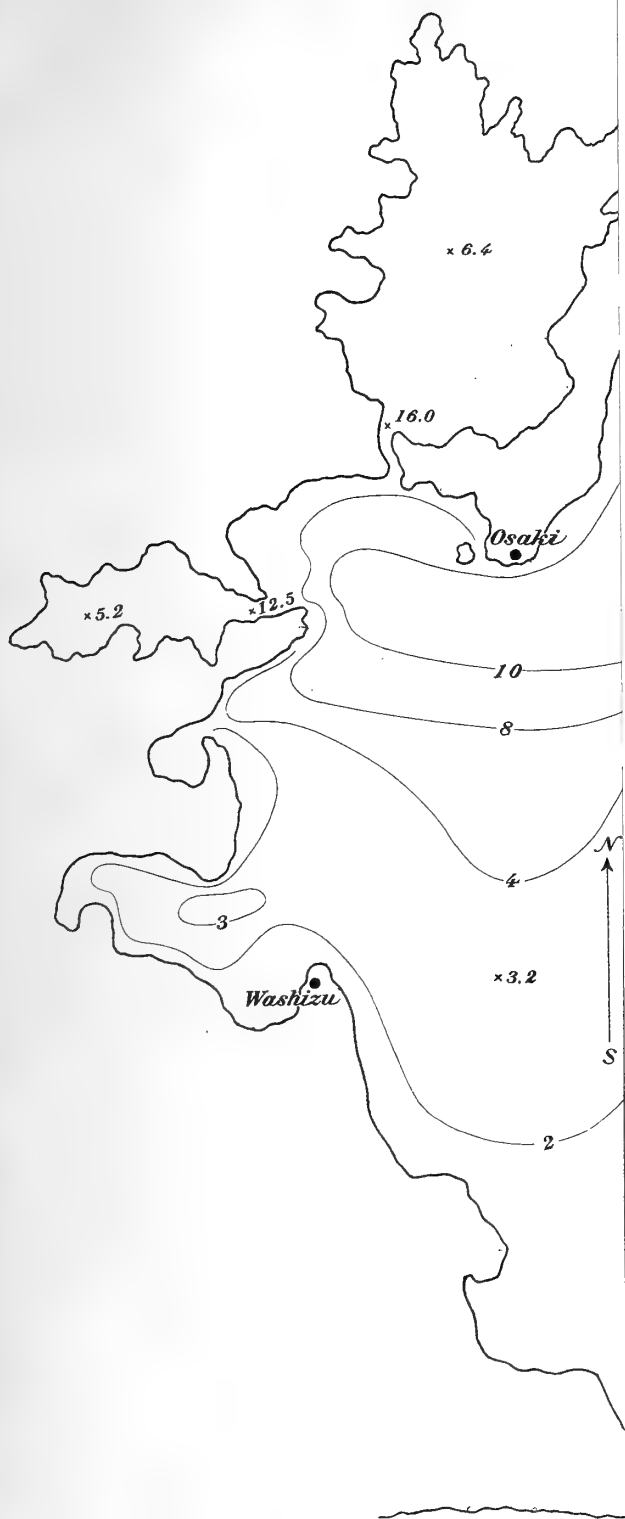
S. NAKAMURA and K. HONDA.

SEICHES IN SOME LAKES OF JAPAN.

PLATE XIV.

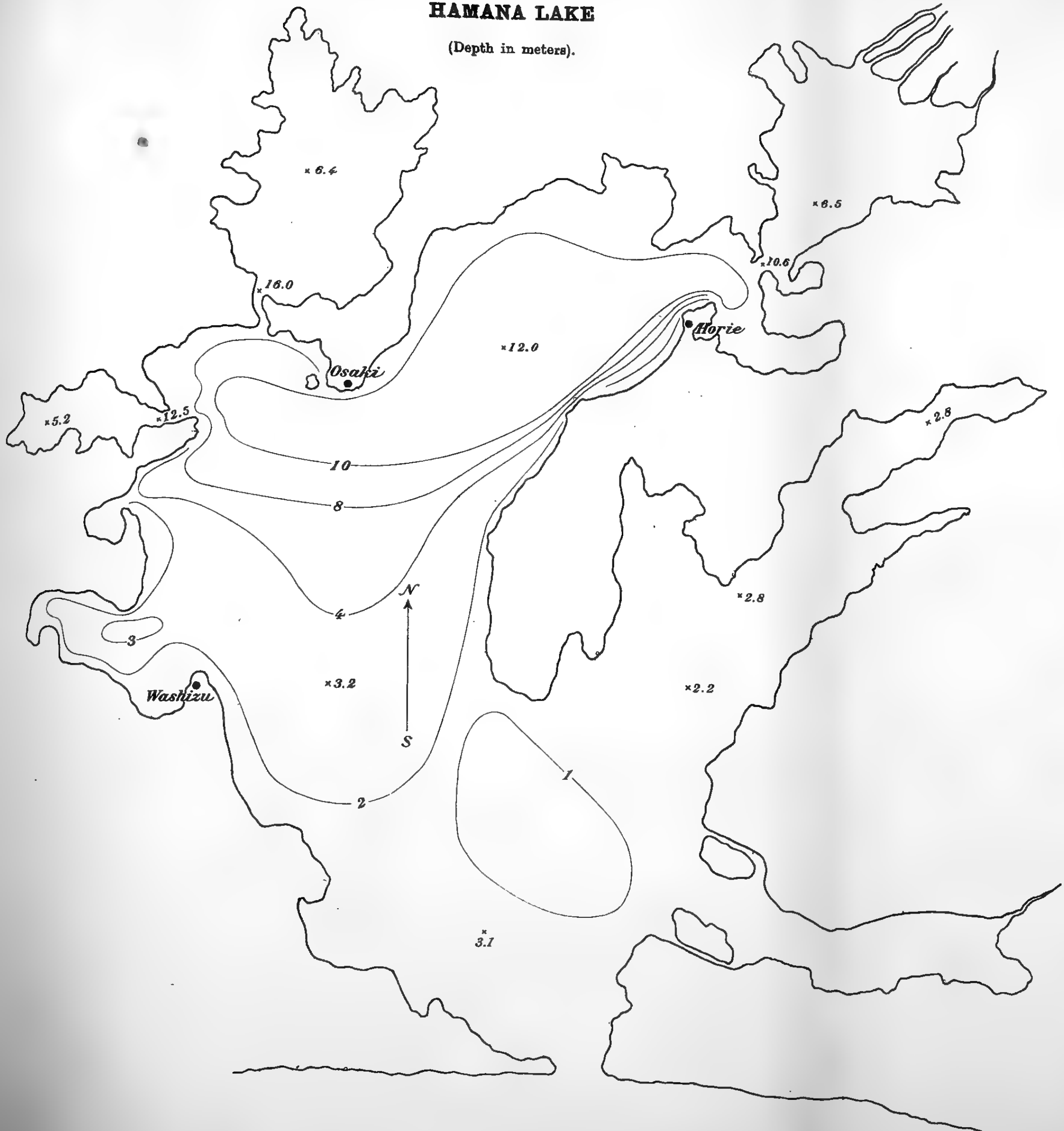
PLATE XIV.

Map of Hamana lake with isobathymetric lines.



HAMANA LAKE

(Depth in meters).



5 4 3 2 1 0
Kilometer.

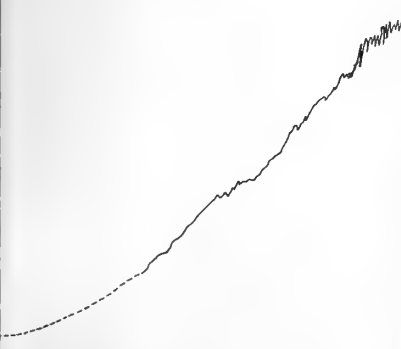
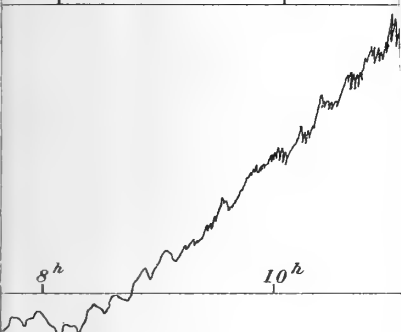
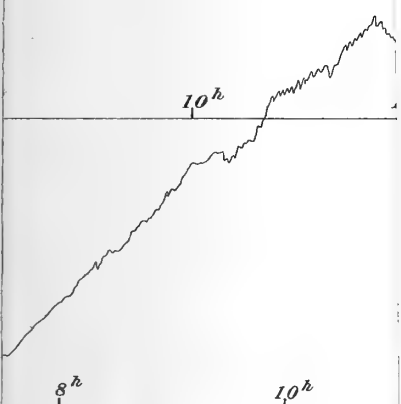
S. NAKAMURA and K. HONDA.

SEICHES IN SOME LAKES OF JAPAN.

PLATE XV.

PLATE XV.

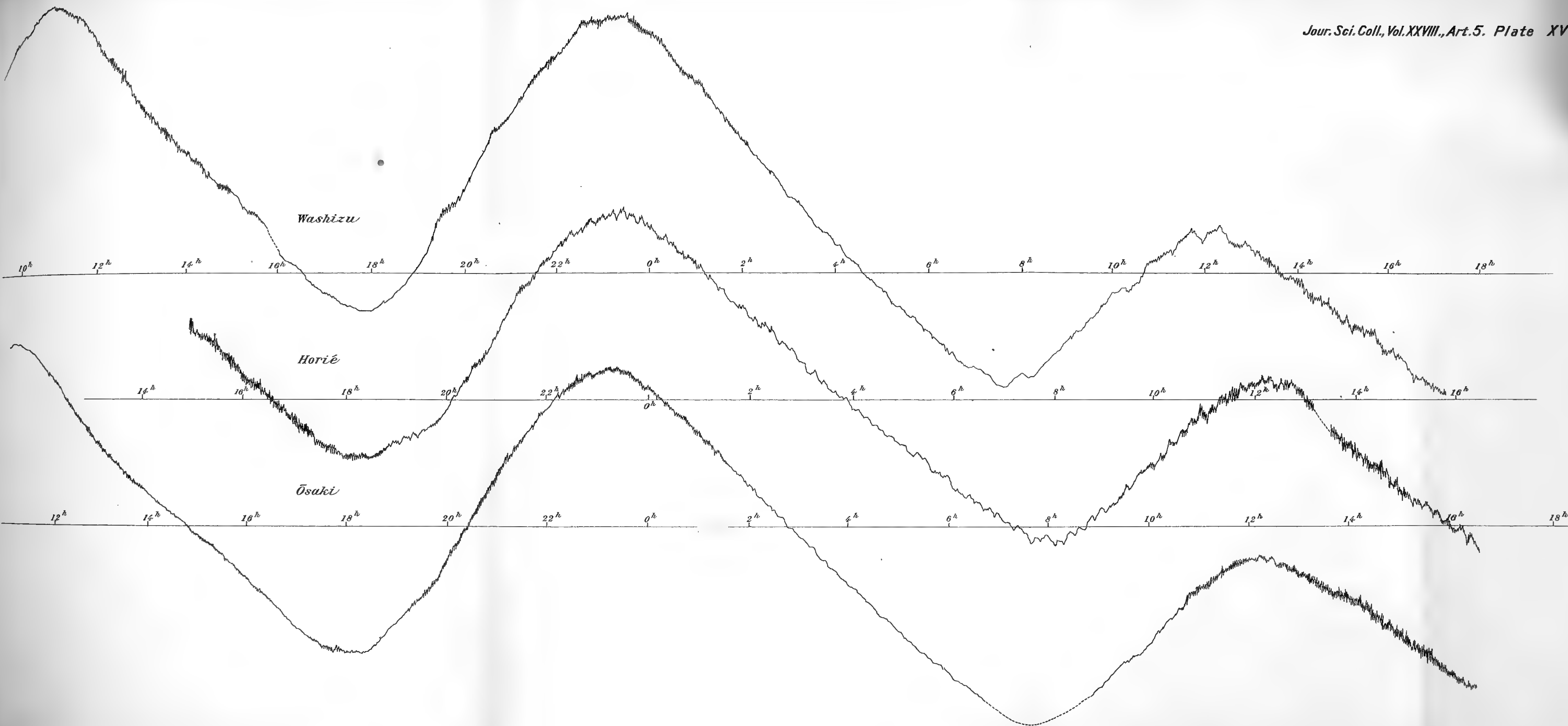
Limonograms obtained at Washizu, Horie and Ōsaki on Aug. 24-25, 1902.



Washizu

Horié

Ōsaki



S. NAKAMURA and K. HONDA.

SEICHES IN SOME LAKES OF JAPAN.

PLATE XVI.

PLATE XVI.

Map of Tōya lake with isobathymetric lines drawn by the Naval
Hydrographic Office.

TŌYA LAKE

(Depth in meters)



TŌYA LAKE

(Depth in meters)

● *Mukō-tōya*



0 5
Kilometer.

S. NAKAMURA and K. HONDA.

SEICHES IN SOME LAKES OF JAPAN.

PLATE XVII.

PLATE XVII.

Photographs of the horizontal motion of water in a model of Tōya lake.

Fig. 1.

Tōya lake, $t_1 = 0.67$ sec.

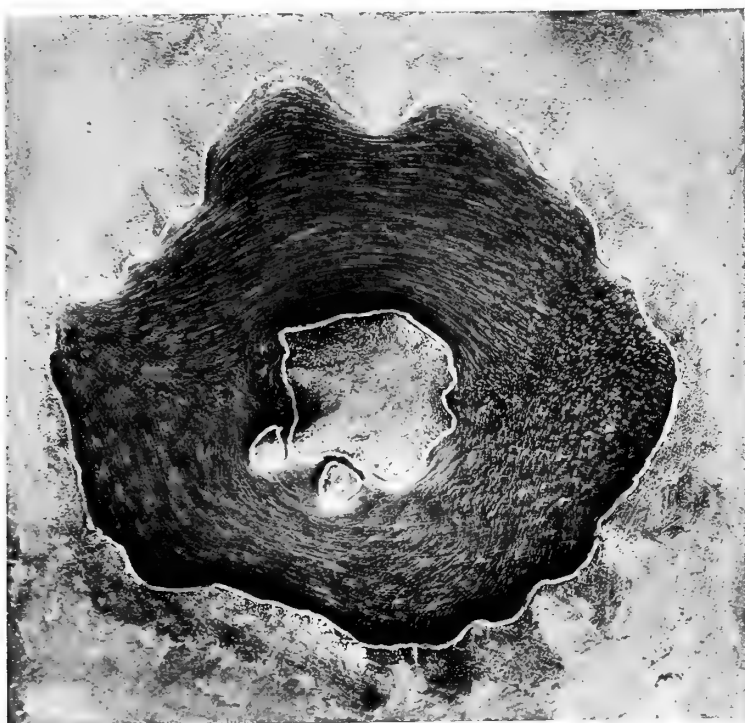


Fig. 2.

Tōya lake, $t_2 = 0.76$ sec.



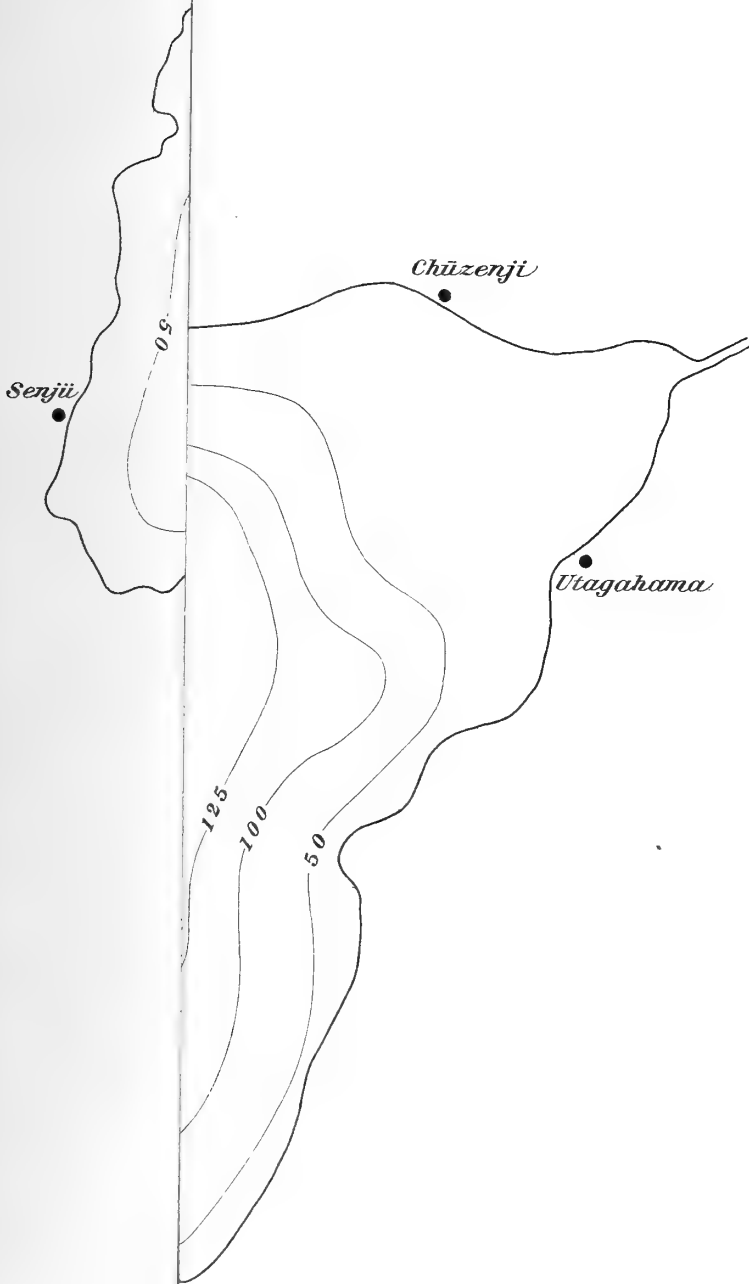
S. NAKAMURA and K. HONDA.

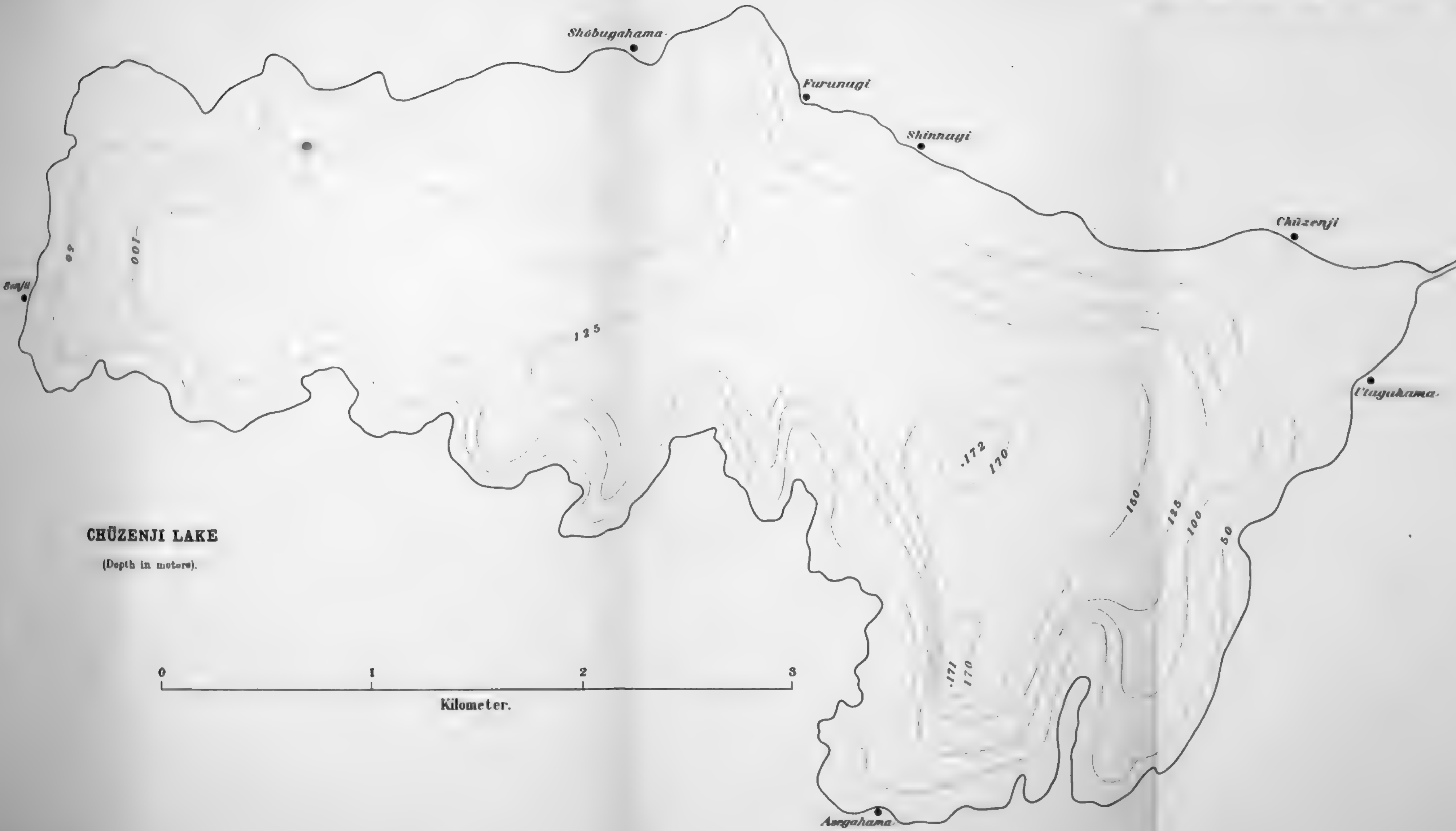
SEICHES IN SOME LAKES OF JAPAN.

PLATE XVIII.

PLATE XVIII.

Map of Chūzenji lake with isobathymetric lines after Viscount Tanaka.





Vol. XXVIII., Art. 3, published March 28th 1911.

Price in Tokyo, . . . Yen 2.00

This Journal is on sale at

Z. P. MARUYA & Co., Ltd.

TORI SANHOME, NIHONBASHI, TOKYO.

GEISER & GILBERT.

KAJICHO 23, TOKYO; MAINSTREET 52, YOKOHAMA.

R. FRIEDLÄNDER & SOHN,

CARLSTRASSE 11, BERLIN N. W.

明治四十四年三月二十五日印刷
明治四十四年三月二十八日發行

編輯兼發行者 東京帝國大學

印刷者

東京市日本橋區兜町二番地

神谷 岩次郎

印刷所

東京市日本橋區兜町二番地

東京印刷株式會社

賣捌所

東京市日本橋區通三丁目十四番地

丸善株式會社書店

NOTICE

Vol. XXVIII. Articles already published :—

- Art. 1. M. MIYOSHI:—*Botanische Studien aus den Tropen. Hierzu 3 Tafeln.* Publ. June 13th, 1910.
- Art. 2. T. SUZUKI:—*The Change of Cobaltous into Cobaltic Nitrite.* Publ. July 12th, 1910.
- Art. 3. Y. SHIBATA:—*The Action of the Grignard Reagent on Camphoric and Isocamphoric Esters.* Publ. July 15th, 1910.
- Art. 4. H. NAKANO:—*Lebensgeschichte der Stengel-Bulbillen einiger Angiospermen. Mit 3 Tafeln.* Publ. November 13th, 1910.
- Art. 5. S. NAKAMURA and K. HONDA:—*Seiches in Some Lake of Japan.* Publ. 28th, 1911.
- Art. 6. R. TORII:—*Etudes Anthropologiques. Les Aborigènes de Formose.* Publ. December 11th, 1910.

December 23rd, 1910.

Vol. XXVIII., Art. 6.

東京帝國大學
理 科 大 學 紀 要

第 貳 拾 八 冊 第 六 編

JOURNAL
—OF THE
COLLEGE OF SCIENCE,
IMPERIAL UNIVERSITY OF TOKYO.

R. TORII:

Etudes Anthropologiques.
Les Aborigènes de Formose.
(1^{re} Fascicule).

TOKYO.

PUBLISHED BY THE UNIVERSITY.

MEIJI XLIII.

Publishing Committee.

•



Prof. **J. Sakurai**, LL. D., *Rigakuhakushi*, Director of the College, (*ex officio*).

Prof. **I. Ijima**, Ph. D., *Rigakuhakushi*.

Prof. **F. Ōmori**, *Rigakuhakushi*.

Prof. **S. Watase**, Ph. D., *Rigakuhakushi*.



All communications relating to this Journal should be addressed to the
Director of the College of Science.

Etudes Anthropologiques.

Les Aborigènes de Formose.

(1^r Fascicule.)

par

R. Torii

Chargé du Cours d'Anthropologie à l'Université Impériale de Tokyo.

Avec 66 planches.

Introduction.

I.

Coup d'oeil Général.

Formose, riche et belle colonie japonaise, est une grande île de l'Océan Pacifique, située au S.-E. de la Chine, sur les côtes de la province continentale de Fokien. Une chaîne de montagnes abruptes et sauvages, la coupe en deux du Nord au Sud. Toute la partie orientale généralement boisée, montueuse et de difficile accès, est habitée presque exclusivement, ainsi que les bords de l'Océan à l'Est, par de nombreuses tribus aborigènes barbares et cruelles, jusqu'à présent tout à fait réfractaires à la civilisation. Gardant intactes, avec un soin jaloux et féroce, les mœurs sauvages de leurs ancêtres, ces tribus, les seules de toute l'île qui doivent nous occuper dans cet ouvrage, se refusent à tout contact avec l'étranger; si rapprochées de la Chine et cependant si barbares encore, elles

sont un sujet d'étonnement pour tous les voyageurs. Au point de vue de la civilisation et de la solidarité humaine, un pareil état est évidemment un état malheureux et digne de pitié; mais pour l'anthropologiste, c'est un merveilleux champ d'études ouvert devant lui. A quelle race humaine appartiennent ces populations? D'où sont-elles venues? Quels sont leurs mœurs, leur nourriture, leur genre de vie, leur état social? etc. etc.. Tout cela est, pour la science, du plus haut intérêt à être bien connu. C'est pourquoi, aussitôt après l'occupation par les troupes japonaises, d'une partie de Formose, l'Université Impériale de Tôkiô voulut en connaître les habitants et envoya l'auteur de ces lignes pour les étudier sur place.

J'ai fait quatre voyages successifs à Formose, et passé 504 jours chez ces sanguinaires peuplades. Ma mission est terminée, mais, au prix de quelles privations et de quelles souffrances? Dieu seul pourrait le dire; et aussi, au milieu de quels dangers? Dangers du côté du climat si meurtrier dans ces parages; dangers de la part des hommes; dangers de toutes sortes. !—

Aujourd'hui, ce n'est qu'une faible partie du fruit de ces travaux, que je présente au public, me proposant de faire paraître le reste dans le "Journal of the College of Science" de l'Université. Le travail complet comprendra:

- I. UNE INTRODUCTION,
- II. UNE ÉTUDE SUR LES CARACTÈRES PHYSIQUE DES ABORI-
GÈNES;
- III. UNE AUTRE ÉTUDE SUR LES LANGUES PARLÉES CHEZ CES
SAUVAGES;
- IV. UNE TROISIÈME SUR L'ETHNOGRAPHIE;
- V. UNE QUATRIÈME SUR L'ÂGE DE PIERRE;
- VI. UNE DERNIÈRE ENFIN, SUR LES DIVERS OUVRAGES PARUS
JUSQU'À CE JOUR, ET QUI TRAITENT DE MATIÈRES CON-
CERNANT CES INTERESSANTS INDIGÈNES.

De là, cinq divisions précédées d'une Introduction, introduction qui occupe à elle seule tout ce premier fascicule. Cette Introduction est elle-même divisée en deux parties. Dans la première partie, je donne la "distribution géographique" de toutes les tribus barbares de Formose, que j'ai toutes visitées dans mes voyages; et aussi, la nomenclature de tous les groupes qui composent ces tribus: et dans la seconde, je mets sous les yeux du lecteur, avec quelques mots d'explication en regard, un certain nombre de photographies que j'ai pu prendre moi-même sur place, et qui représentent divers types d'insulaires.

Pour me faciliter le travail, et écarter autant que possible, les dangers que je pouvais courir, son Excellence Monsieur le Gouverneur Général de l'île d'abord, tous les Employés du gouvernement ensuite, et aussi tous mes autres compatriotes, colons et commerçants, se sont montrés si bons, si complaisants, si empressés, si dévoués pour mon œuvre que je suis heureux de saisir l'occasion qui se présente, pour les prier tous d'agréer ici mes plus vifs sentiments de reconnaissance, et mes sincères remerciements.

Je dois ajouter encore que c'est au zèle éclairé et aux précieux encouragements de Monsieur le Professeur S. Tsuboi, que j'ai pu me rendre à Formose pour en étudier la population indigène sur place; et aussi, que c'est grâce aux efforts dévoués de Monsieur le Professeur I. Ijima, que je puis aujourd'hui, présenter au public, cette première livraison. La traduction et la rédaction du texte français sont l'œuvre de Monsieur E. A. Tulpin, M.A. Je prie ces trois Messieurs d'avoir la bonté d'agréer ici avec mes sincères remerciements, l'expression de ma très vive reconnaissance.

Premier Voyage.

Mon premier voyage à Formose, eut lieu en 1896, du commencement d'Août à la fin de Décembre. Débarqué au port de Kwarenn, dans le Nord du pays des sauvages "Ami," j'ai tout d'abord exploré et étudié en grande partie, la vaste plaine du Kilaï; puis, j'ai poussé une pointe jusqu'aux villages de Vokkouï et de Tarok de la tribu voisine "Taïyal," sur le versant occidental de la chaîne de montagnes qui coupe Formose en deux parties. Revenu sur les bords du Kilaï, j'ai parcouru en tous sens, les cantons "Ami" de Tapalong et de Baschicho; puis, remontant le cours de l'importante rivière de Choukōran, j'atteignis bientôt les bourgs de Bokousékikakou et de Taïpa, dont les environs furent pour moi, un champ d'étude très instructif. Un second écart de route vers l'Ouest, me conduisit chez les montagnards Bounouwan, de la tribu Bounoun: je les étudiai de mon mieux. Puis, retournant une seconde fois chez les "Ami", étape par étape, je gagnai la grande ville chinoise de Pilam chez les Pyouma, heureux d'avoir pu visiter et étudier les sauvages montagnards Taïyal et Bounoun en partie, et d'une manière plus complète, les barbares des plaines, "Ami" et "Pyouma." En cours de route, j'ai rencontré ici et là établis chez les "Ami", d'assez nombreux groupes d'Aborigènes à demi civilisés et devenus chinois, arrivés de l'Ouest de Formose, en franchissant la ligne de partage des eaux, ou en suivant la côte par le Sud, soit à pied, soit en bateau. Enfin, après quelques jours de repos à Pilam, je repris en sens inverse, la chemin que je venais de parcourir et je rentrai sain et sauf au port de Kwarenn, mon premier point de départ.

Deuxieme Voyage.

Mon deuxième voyage à Formose, a eu pour but l'exploration et l'étude des deux petites îles Botel-Tobago, situées au S.-S.-E. de la grande terre. Parti de Keelong le 22 Octobre 1897, j'abordais quelques jours après, à la "Grande Botel-Tobago," où je demeurai soixante dix jours, occupé à interroger les naturels, à prendre des notes et à parcourir l'île dans tous les sens. Je consacrai aussi un jour, à visiter la "Petite-Botel-Tobago ordinairement inhabité, où je passai en pirogue. La tribu Yami, qui occupe et fréquente seule ces deux îles, est de toutes les tribus de Formose, la plus barbare et la plus sauvage. Au point de vue anthropologique, et à celui-là seulement, bien entendu, c'est très heureux, car; se rapprochant plus que toute autre de l'état primitif, les documents qu'on peut tirer de cette misérable tribu sont plus précieux et plus vrais. Sur ces "Yami" de Botel-Tobago, j'ai déjà fait paraître un petit ouvrage illustré, qui a pour titre: "Kōtō-shō Shashine-Shiōu"⁽¹⁾ ou "Rapport Ethnographique illustré sur les Naturels de Botel-Tobago et "Kōtōshō-Dozoku Hōkoku"⁽²⁾ ou "Rapport Ethnographique de Botel-Tobago." Pendant tout ce voyage, Monsieur T. Nakajima a été pour moi d'un puissaut secours. Aussi, je suis heureux de pouvoir ici lui adresser mes meilleurs remerciements.

(1) 紅頭嶼寫真集 (Rapport Ethnographique illustré sur les Naturels de Botel-Tobago), 1899.

(2) 紅頭嶼土俗報告 (Rapport Ethnographique de Botel-Tobago) 1902.

Troisième Voyage.

Ce troisième voyage a duré du commencement d'Août 1898 jusqu'à la fin de Décembre de la même année, et eut pour but d'explorer et d'étudier les tribus sauvages du Sud de Formose. Je débarquai donc à Kōshoun, port et gros village chinois situé à l'extrémité S.-S.-E. de l'île, au milieu du groupe aborigène Paridjaridjaou, de la tribu Païwan. Après avoir visité nombre de villages Paridjaridjaou, en particulier le village de Botan, je passai chez les Tchakoubokouboum, autre groupe de la même tribu, recueillant partout de précieux renseignements, et j'atteignis bientôt le port chinois de Bōriyō, sur la côte Ouest. De là, longeant le littoral à pied, par le Sud, je rentrai à Kōshoun; j'en étudiai soigneusement les environs; puis, toujours en suivant la côte et à pied, je parvins chez les Pakarkar, dernier groupe Païwan vers le Nord; toute fois non sans avoir visité les enclaves "Ami" qui se trouvaient sur mon chemin. Les villages Pakarkar sont relativement assez nombreux, je les explorai; je demurai aussi quelques jours dans le canton aborigène de Tamari, et j'arrivai enfin à Pilam chez les Pyouma. De Pilam, je fis diverses excursions assez à fond sur les bords de la rivière Tchipon qui coule à quelques lieues au Sud de cette ville; je la remontai très haut en amont vers l'Ouest, et j'arrivai au village de Taïnan, dans la tribu Tsarisène. De retour à Pilam, mon troisième voyage finit là, heureux d'avoir pu étudier sans accident, les quatre tribus indigènes Païwan, Tsarisène, Pyouma et Ami; ces deux dernières, pour la seconde fois. En terminant, je suis heureux de remercier ici Monsieur S. Shoda, pour le puissant secours qu'il m'a apporté dans ce voyage.

Quatrième Voyage.

Du commencement de Janvier 1899, à la fin d'Octobre de cette même année, j'exécutai mon 4^{me} voyage. Descendu au port de Bōriyō, je passai dans le canton de Suïteiriō, et de là, pénétrant dans le massif de montagnes que j'avais en face, je visitai le village de Kikwamon et nombre d'autres du groupe Subon, de la tribu Païwan. Revenu sur mes pas en Suïteiriō, je séjournai quelques jours à Tchōshioūsho, gros village d'aborigènes devenus chinois, puis remontant vers le Nord, j'arrivai dans les montagnes de la tribu Tsarisène dont je parcourus les divers villages de Konronnaou, Poutounrok, Bogari, Païrouss, Pounti, Kō et beaucoup d'autres. A la descente du haut pays, je visitai aussi les deux villages chinoisés de Kōtan et de Karapo, ainsi que de nombreux bourgs d'aborigènes également devenus chinois, de la plaine de Hōsan, dans le canton de Banshōriō. Parvenu sur les rives du Shimo-Tamsuï, j'en suivis le cours à la montée, explorant au passage les bourgs chinoisés de Rokkiri, de Sansanrinn, puis entrant de nouveau dans les montagnes, je trouvai là les tribus sauvages Niitaka et Bounoun séparées l'une de l'autre par le Shimo-Tamsuï. A droite, habite le groupe Séboukoum, Bounoun anciennement émigrés du Nord; et à gauche le groupe, Soungaou, et plus à gauche encore, son frère, le groupe Kanabb des Niitaka. Les montagnes de ces parages peu ou point habitées, sont assez élevées; le plus haut sommet atteint cinq mille cent pieds environ. J'en fis l'ascension, puis revenant vers l'Ouest, j'entrai à Kagi, ville chinoise assez considérable devant les monts Ari, occupés par le groupe de ce nom, de la tribu Niitaka, et dont je me mis ensuite à visiter les villages.

C'est là que je formai le projet de passer dans le bassin de la rivière Dakousouï. Franchissant alors les Monts Ari couverts de hautes herbes et déserts, j'arrivai le 6 Mars, au bourg de Yabougouyana, d'où j'aperçus à droite, dans le lointain, le mont Niitaka (Morisson). J'en fis l'ascension par la montée de l'Est, pour redescendre au Midi, vers la plaine de Patoumkwan. Explorant ensuite un des affluents du Dakousouï, le Tchinyoûran, je parcourus les nombreux hameaux qui forment le village de Tonpo, de la tribu Bounoun, et je me trouvai alors être à 1455 m. au dessus du niveau de la mer. Je visitai encore deux ou trois autres centres sauvages, puis je regagnai les rives du Dakousouï que je descendis. Ne faisant que toucher aux bourgs chinois de Shioûshioûgai, de Rinkihō, de Onrinn, de Hokouto, de Shōka, etc., j'arrivai enfin au grand centre, chinois encore, de Taïtchioû. De Taïtchioû, par la rivière Taikō, je fis une excursion vers l'Est à Tōseikakou, chez les Taïyal. Je vis là de nombreux et grands villages partagés en deux groupes, ceux du Nord, et ceux du Sud. Rentré à Taïtchioû, j'en repartis bientôt, à travers les cantons de Shōkwa, de Nanto, de Shioûshioûgai, pour arriver au lac Suisha, situé à 606 m. environ au dessus de l'Océan. Les bords de ce lac sont occupés par quatre villages de la tribu Saou, qui communiquent entre eux au moyen de pirogues. Les Chinois les appellent: Villages Suï chinoisés. A 5 ou 6 lieues de là, à l'Ouest, on rencontre le village et la plaine de Poli. Cette plaine de Poli, la plus vaste de toutes celles des montagnes de Formose, peut avoir une dizaine de lieues de circonférence et doit son nom à un groupe d'indigènes Poli, ses premiers habitants, qui, du reste, aujourd'hui ne sont plus représentés que par cinq ou six personnes. Avec eux vivaient les Mihoang ou Sauvages Mi, Taïyal devenus chinois. Eux aussi sont éteints. Une vieille femme, de plus de 80 ans, est tout ce qu'il en reste; mais, grâces

à d'heureuses circonstances, j'ai pu recueillir de nombreux documents sur ces deux groupes disparus. Aujourd'hui, la plaine de Poli est occupée par les Peipo, ou "barbares des plaines devenus chinois," émigrés tout récemment de Shökwa, de Taïtchioū, de la vallée de Taikō, de Shintchikou, d'Onrinn, de Rinkihō et d'autres lieux. Formée de nombreux groupes sauvages étrangers les uns aux autres, cette peuplade est un magnifique champ d'études pour les Anthropologistes. Les Géologues de leur côté, affirment que cette plaine de Poli, n'est que la cuvette d'un grand lac comblé par les détritiques et les débris arrachés du flanc des montagnes, par les eaux pluviales. Terrain d'alluvion, elle est merveilleusement fertile. Tout le massif environnant est habité par des Taïyal, et c'est là que se trouvent les intéressants villages de Mou et de Maïbara. Voulant franchir la ligne de partage des eaux et passer sur le versant oriental de l'île, je me mis en route le 1^{er} Août. Remontant alors la vallée du Dakousouï, j'arrivai bientôt pour la seconde fois au village de Tonpo, des Bounoun, où je pris un guide sauvage pour me conduire au Niitaka. Cette montagne, haute de plus de 3030 m. s'élève de la plaine inhabitée de Patoumkwan. Cette région paraît être l'endroit le plus élevé de la chaîne médiane, puisqu'on y trouve des sommets de 3091 m. à 3212 m. On la franchit par un haut plateau découvert, uni, sans eau, sans habitant, et d'environ sept lieues de long sur autant de large. Du bord oriental de ce plateau, la vue s'étend vers l'Est, splendide et merveilleuse, jusqu'à Bokousekikakou des barbares "Ami," et au delà; tandis que vers l'Ouest, jusqu'au village de Tonpo, on ne voit partout qu'un pays désert, triste et inhabité. Seuls, de nombreux troupeaux de cerfs en parcourent les solitudes. Lieu de chasses inépuisables, les sauvages des tribus Niitaka et Bounoun s'y rencontrent souvent, et s'y livrent de furieux combats. A la

descente, du côté du Pacifique, et à peu près à la hauteur de 1909 m., on rencontre un premier village, celui de Tarna, de la tribu Bounoun. Une partie des habitants se trouvant, semble-t-il, trop à l'étroit chez eux, ou pour toute autre raison, ont émigré dans une vallée voisine et y ont fondé un second village également appelé Tarna, et qui vraisemblablement, est le lieu habité le plus élevé de toute l'île de Formose, puisqu'il se trouve à 2030 m. au dessus du niveau de l'Océan. Je demeurai là 4 ou 5 jours. Enfin, le 1^{er} 7^{bre}, j'arrivai à Bokousekikakou. Pendant un mois, je parcourus de nouveau la plaine du Kilai dans tous les sens; je fis encore une petite excursion dans les montagnes Taïyal, et, le premier jour d'Octobre, je m'embarquai au port de Kwarenn pour le Nord. Débarqué au port de Suwo, à l'entrée de la vaste plaine de Gilan, je visitai les cantons de Ratō, de Yoūshisho et de Tensonpi; puis, pénétrant dans les montagnes des sauvages Keitō et Nanwo de la famille Taïyal, je les étudiai de mon mieux. De retour à Gilan, j'étudiai aussi pendant plusieurs semaines, les divers groupes de sauvages devenus chinois qui peuplent cette plaine et, de là, je gagnai à pied le port de Keelong. Mon quatrième et dernier voyage était heureusement terminé. Il fut le plus long, le plus pénible, le plus dangereux, mais aussi le plus fructueux, puisque je pus étudier à fond les tribus Païwan, Pyūma, Tsarisène, Bounoun, Niitaka, Ami et Taïyal, les barbares Mi et Poli, et enfin les Peipo ou "barbares chinoisés de la plaine." Je dois avouer que j'ai été merveilleusement secondé dans mes travaux, par Messieurs U. Mori et M. Yasui. Je les prie d'agréer ici, mes plus sincères remerciements.

Pour avoir une connaissance assez complète des Aborigènes de Formose, il nous resterait encore à étudier les nombreux groupes Taïyal et autres sauvages devenus chinois, semés ici et là dans la

grande plaine occidentale de l'île. A notre vif regret, l'insuffisance des fonds disponibles de l'Université Impériale, et diverses autres circonstances indépendantes de notre volonté, ne nous le permettent pas, actuellement, du moins.

II.

Division des Aborigènes en Tribus.

Plusieurs années avant l'occupation de Formose par les troupes japonaises, les savants "T. de Lacouperie"⁽¹⁾ et "H. Cordier"⁽²⁾ s'étaient déjà occupés de la description, de la bibliographie et par suite, indirectement, de la "classification" en tribus distinctes, des Aborigènes de cette grande et magnifique île. Mais c'est Mr. G. Taylor⁽³⁾⁽⁴⁾ qui, prenant la question dans de meilleures conditions, divisa ces intéressants insulaires, en tribus Païwan, Amia, Tipoun, Peipohoan, etc.. etc... Classification qui fut alors généralement acceptée.

Après l'annexion de l'île au Japon, nos compatriotes M. M. Y. Ino et D. Awano⁽⁵⁾⁽⁶⁾ à la suite de recherches et d'études minutieuses, crurent devoir modifier cette nomenclature et adoptèrent la division en tribus Ataiyal, Vonoum, Tso, Spayowan, Tsarisiéne, Pyouma, Amiss et Peipo.

Davidson⁽⁷⁾ dans son bel ouvrage, admit cette division sans y rien changer; J. Deniker,⁽⁸⁾ également. Mais avec A. Wirth,⁽⁹⁾ ce

(1) T. de Lacouperie, *Formosa Notes*, 1887, p. 40—49.

(2) Imbault-Huart, *L'île de Formose*, 1893, p. 63—67.

(3) G. Taylor, *The Aborigines of Formosa*. (*China Review* Vol. XIV, 1885—86, p. 121—126, 194—196, 235—290.)

(4) G. Taylor, *Formosa Characteristic Traits of the Islands and its Aboriginal Inhabitants*. (*Proc. of the Geog. Soc.* Vol. XI, 1889, p. 224—239.)

(5) 伊能嘉矩, 栗野傳之丞, *臺灣蕃人事情*, 1899.

(6) 東京人類學會雜誌 (*Bul. de Soc. anthr. de Tokyo*), Vol. XIII, 1893, p. 301—307.

(7) J. Davidson. *The Island of Formosa*, 1903, p. 560—594.

(8) J. Deniker, *Races et Peuples de la terre*, 1900, p. 452—453.

(9) A. Wirth, *Eingeborn Stämme auf Formosa u. Liu-Kiu*. (*Peterm. Mitt.* 1893, p. 33.)

dernier partagea les tribus, en tribus septentrionales, Ataiyal, Vonoum, et en tribus méridionales, Païwan, Tsarisiène, Boutan, etc. etc.. Enfin, tout récemment et à l'exemple de Davidson, Mr. W. Müller⁽¹⁾ adopta simplement lui aussi, la classification proposée par Messieurs Ino et Awano. A notre tour, nous devrions peut-être adopter cette classification. Cependant, malgré l'influence que peut exercer sur nous, le nom des hommes éminents que nous venons de citer, nous n'en ferons rien. Et pour l'instant, parceque nous croyons notre nouvelle classification plus logique, plus rationnelle et plus vraie, nous diviserons les Indigènes de Formose en neuf tribus. Les tribus :

- I. TAÏYAL, OU SAUVAGES TATOUÉS.
- II. NIITAKA.⁽²⁾
- III. BOUNOUN.
- IV. SAOU.
- V. TSARISÈNE.
- VI. PAÏWAN.
- VII. PYOUMA, OU SAUVAGES DE PILAM.
- VIII. AMI.
- IX. YAMI, OU GOUROUGOUROU SERA.

Nous ferons remarquer toutefois, que cette division est uniquement basée sur le costume, la langue, les traditions, les us et coutumes, etc, etc., et nullement sur les caractères physiques de ces barbares; caractères que nous nous réservons d'étudier un jour au point de vue anthropologique.

(1) W. Müller, *Über die Wildenstämme der Insel Formosa*. (Zeit. für Ethnologie. XLII, 1910, p. 228—241.)

(2) J'ai appelé cette tribu, "Tribu Niitaka," parcequ'elle habite au pied et sur les flancs de la montagne de ce nom, ainsi nommée par Sa Majesté l'Empereur du Japon. C'est la même que la tribu "Tso," de beaucoup de voyageurs. Du reste, le nom de "Tso" est ignoré de nombreux sauvages eux-mêmes.

III.

Distribution Geographique des Aborigènes de Formose.

I.—TRIBU TAÏYAL.

Les Sauvages Taïyal ont le visage tatoué et leurs coutumes diffèrent totalement de celles des autres barbares. Ils occupent les montagnes du Nord-Nord-Est de Formose et descendent vers le Sud, à la hauteur de la plaine de Poli, sur le versant occidental de la chaîne médiane, et jusqu'à l'entrée du Chioukōran chez les Ami, sur le versant oriental. Ils se partagent en deux groupes, le groupe dit occidental et le groupe oriental, séparés l'un de l'autre par une ligne en quart de cercle qui s'étend vers le Nord, d'un point situé un peu à l'Ouest du village de Mou, dans la région de Poli, s'infléchit légèrement vers l'Est et aboutit au mont Sūwo sur le Pacifique. A l'Est, le groupe oriental a pour limites une autre ligne qui part de la haute vallée du Chioukōran, court directement au Nord, laissant à gauche les villages de Vokkouï et de Tarok, atteint le canton de Sūwo et se termine au village montagneux de Taousaï. Les Taïyal de l'Ouest, s'appellent eux-mêmes Taïyal, ou Tayal, ou Tahiya et d'autres noms encore, et ont principalement pour se distinguer des autres sauvages, la croyance au Pinesabakan :
 „A l'origine, un rocher se fendit par le milieu, de haut en bas.
 „Une partie devint un homme, et l'autre partie devint une femme.
 „Ce premier homme et cette première femme s'unirent et furent
 „ainsi, les premiers ancêtres des Taïyal Occidentaux., Ceux de l'Est, à Vokkouï par exemple. se donnent les noms de Daguey, de

Shéléak-ha etc.. et se particularisent de leurs frères, surtout par la numération; Winn=un; Daha=deux; Toulou=trois; Chipatt=quatre; Lima=cinq; Telou=six; Pitou=sept; Mouchipatt=huit; Mugali=neuf; Mahott=dix, Tandis que ceux de l'Ouest à Tōsei-kaku, disent: Outo=un: Sadjine=deux: Tougan=trois; Païyett=quatre; Magan=cinq; Mataïlou=six; Mapitou=sept; Mapatt=huit; Michiou=neuf; Mapou=dix.

II.—TRIBU NIITAKA.

Cette tribu est cantonnée dans le massif montagneux qui entoure le mont Niitaka ou Morisson; mais principalement à l'Est, dans la vallée du Rōno, qui n'est autre que le haut Shimo-Tamsuï, dans les solitudes de Patoumkwan; et à l'Ouest, dans les montagnes qui font face à Kagi. Elle comprend les trois groupes Soungaou, Kanabb et Ari. I Le groupe Soungaou occupe la rive droite du haut Shimo-Tamsuï ou Rōno; II le groupe Kanabb est voisin des Soungaou à l'Ouest, et III le groupe Ari est campé sur les monts Ari. Ce dernier groupe se dit originellement venu du mont Niitaka.

III.—TRIBU BOUNOUN.

La tribu Bounoun est de toutes les tribus Aborigènes de Formose, celle qui habite les plus hautes montagnes. Elle s'étend de Poli et de la vallée du haut Chioukōran, au Nord, jusqu' aux montagnes de Pilam et à la vallée de Subon, au Midi. Elle renferme les trois groupes Séboukoum, Dakousuï et Bounouwan. Le groupe Séboukoum peuple la rive gauche du haut Shimo-Tamsuï ou Rōno, et se dit venu primitivement des montagnes du

Nord: le groupe Dakousü occupe les vallées du Dakousü et de ses affluents; et le groupe Bounouwan est fixé sur le versant oriental de la chaîne médiane.

IV.—TRIBU SAOU.

Les bords du lac Suïsha, dans le canton de Poli, sont occupés par la petite tribu des "Saou." Cette tribu ne compte que quatre villages qui communiquent entre eux au moyen de pirogues grossièrement creusées dans des troncs de camphriers.

V.—TRIBU TSARISÈNE.

Le territoire occupé par cette tribu, s'étend des monts Ari et de Pilam au Nord, à la vallée de Subon au Sud-Ouest. Les us et coutumes de ces Sauvages ressemblent beaucoup à ceux des tribus Païwan, Pyouma et Yami.

VI.—TRIBU PAÏWAN.

Les Païwan sont établis sur tout le massif côtier qui va de la vallée de Tamari, un peu au Sud de Pilam, à l'extrême pointe Sud de Formose. Ils forment les quatre groupes Paridjaridjaou, Tchakoubokouboum, Pakarkar et Subon. I Le groupe Paridjaridjaou habite les montagnes de Kōshoun où se trouve le village de Botan. Les Chinois appellent ce groupe: "Les Barbares des villages montagneux en aval de Kōshoun." II Le groupe Tchakoubokouboum est cantonné dans le massif montagneux situé au N.-N.-O. des Paridjaridjaou. Les Chinois leur donnent le nom de "Barbares des villages montagneux en amont de Kōshoun."

III Le groupe Pakarkar a pour limites l'ancien poste militaire chinois de Paroei, au Sud, et la vallée du Tchipon, au Nord. IV Le groupe Subon occupe la vallée de ce nom, jusqu'au canton de Nanseiko.

VII.—TRIBU PYOUMA.

Cette tribu habite les environs de Pilam. Elle se rapproche beaucoup des tribus Païwan, Tsarisène et Yami, par sa manière de vivre et ses us et coutumes.

VIII.—TRIBU AMI.

Les " Ami " occupent la côte orientale de Formose, du port de Kwarenn, au Nord, jusqu'un peu au dessus de Pilam, au Sud; la plaine du Kilaï et le bassin de la rivière de Pilam. De tous les barbares des plaines, ces sauvages sont les seuls qui ne se soient pas chinoisés. Ils comptent les trois groupes dits: Du Nord, du Centre et du Sud. I Le groupe du Nord s'étend de Kwarenn à Tapalong inclusivement; II le groupe du Centre est établi entre Tapalong et Pilam; et III le groupe du Sud est une enclave d' " Ami " au milieu des Paridjaridjaou, des Païwan, qui se disent émigrés du groupe Central.

IX.—TRIBU YAMI.

Les Yami sont les insulaires de l'île de Botel-Tobago. La tradition de ces Sauvages, rapporte que leurs ancêtres sont venus de l'Archipel Batanes, en franchissant, à l'aide de pirogues, le détroit de Bassi. Par la langue, les us et coutumes, les " Yami " sont en tout semblables aux indigènes du Nord des Philippines.

R. TORII.

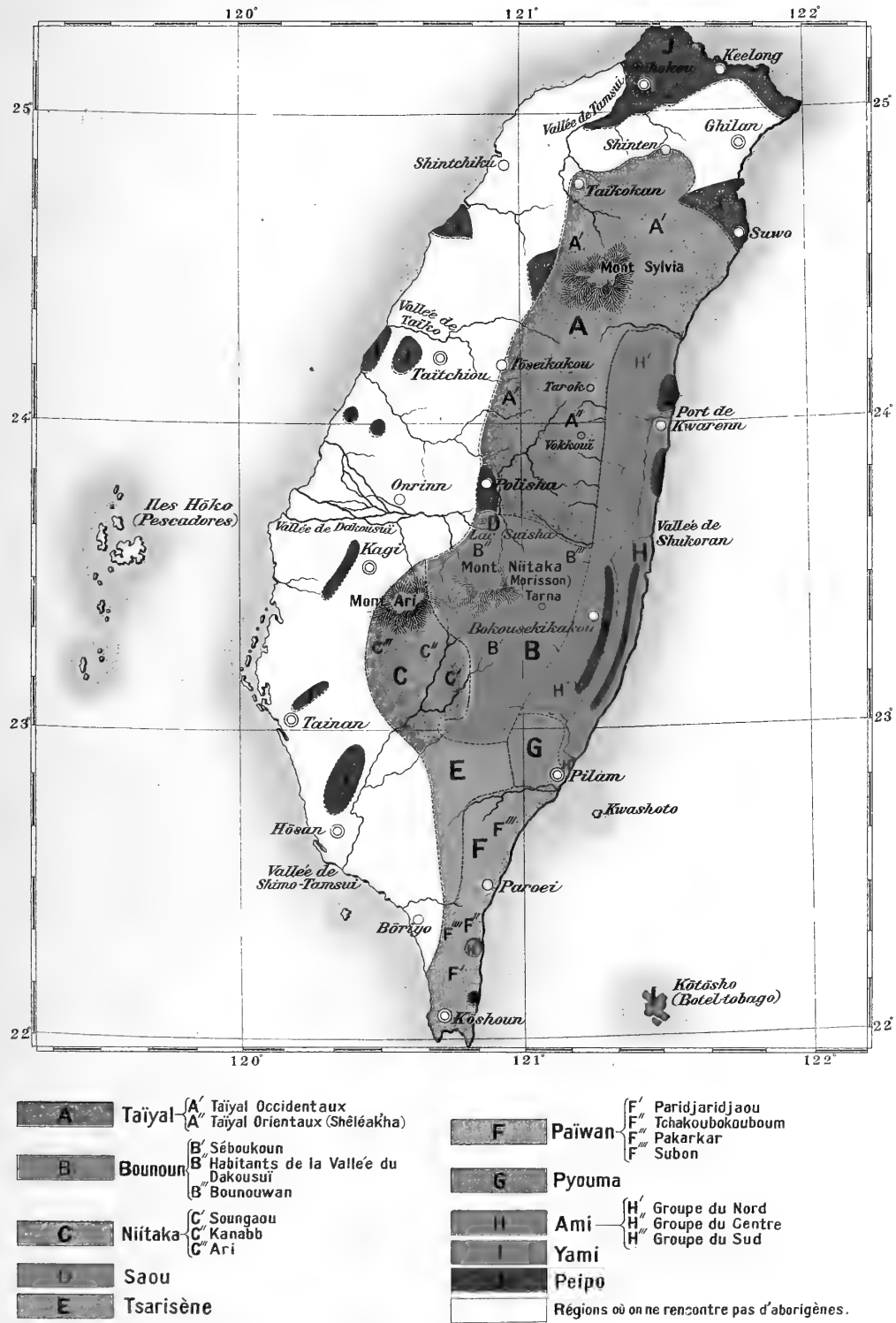
LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE I.

Explication de la Pl. I.

Ile de Formose.

Carte ethnographique de Formose et des petites îles qui en dépendent. Distribution géographique des aborigènes. Les parties teintées en brun et semées ici et là dans le Nord, le Sud et tout l'Ouest de la grande île, sont habitées par des indigènes devenus chinois par la langue et les us et coutumes seulement.



CARTE ETHNOGRAPHIQUE DE FORMOSE.



R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE II.

Explication de la Pl. II.

I. Tribu Taïyal, Groupe Occidental.

- A.** Figure et costume d'homme sauvage de la tribu aborigène Taïyal, dans la province de Kousshakou, au nord de Formose. Les hommes et les jeunes filles non encore mariées de cette tribu, ont le front et le menton tatoués.
- B.** Le même homme vu de profil.



A



B

R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE III.

Explication de la Pl. III.

I. Tribu Taïyal, Groupe Occidental.

- A.** Homme de la tribu "Taïyal," en Kousshakou, au visage tatoué. Son costume.
- B.** Le même vu de profil.



A



B

R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE IV.

Explication de la Pl. IV

I. Tribu Taiyal, Groupe Occidental.

- A.** Figures et costumes d'aborigènes de la province de Tōseïka-kou. A gauche, un homme; à droite, une femme. L'homme est tatoué au front et au menton; la femme, qui est mariée, l'est au front, aux joues et au menton.
- B.** Les mêmes personnages vus de profil.



A



B

R. TORII.

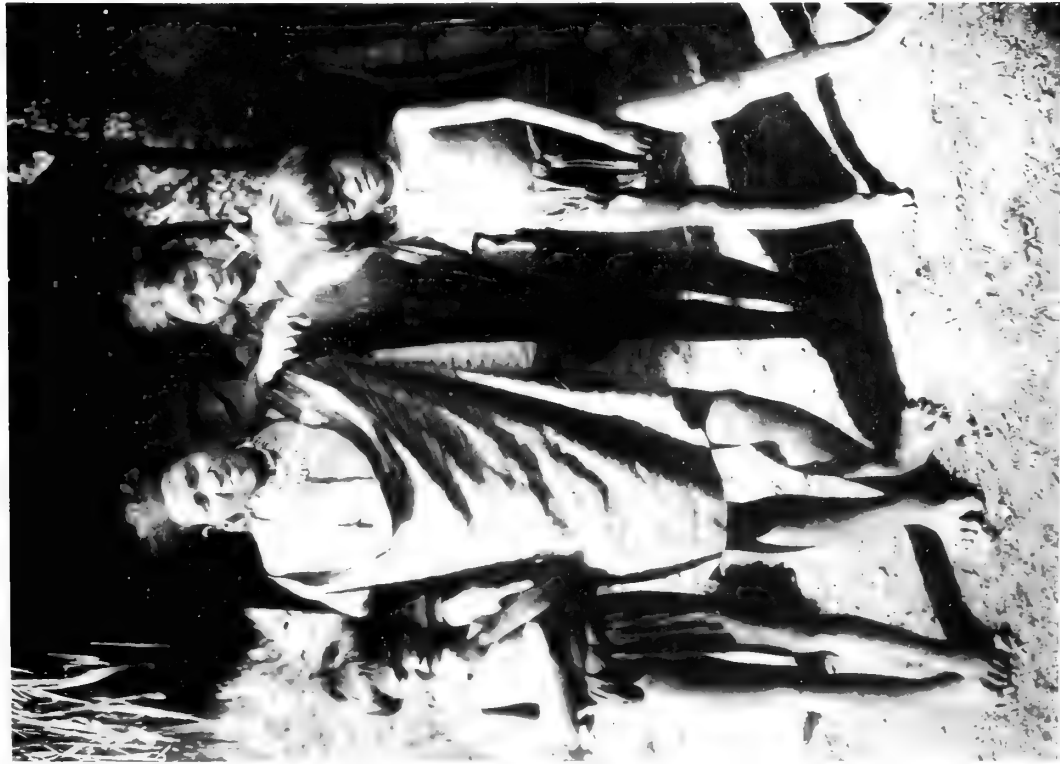
LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE V.

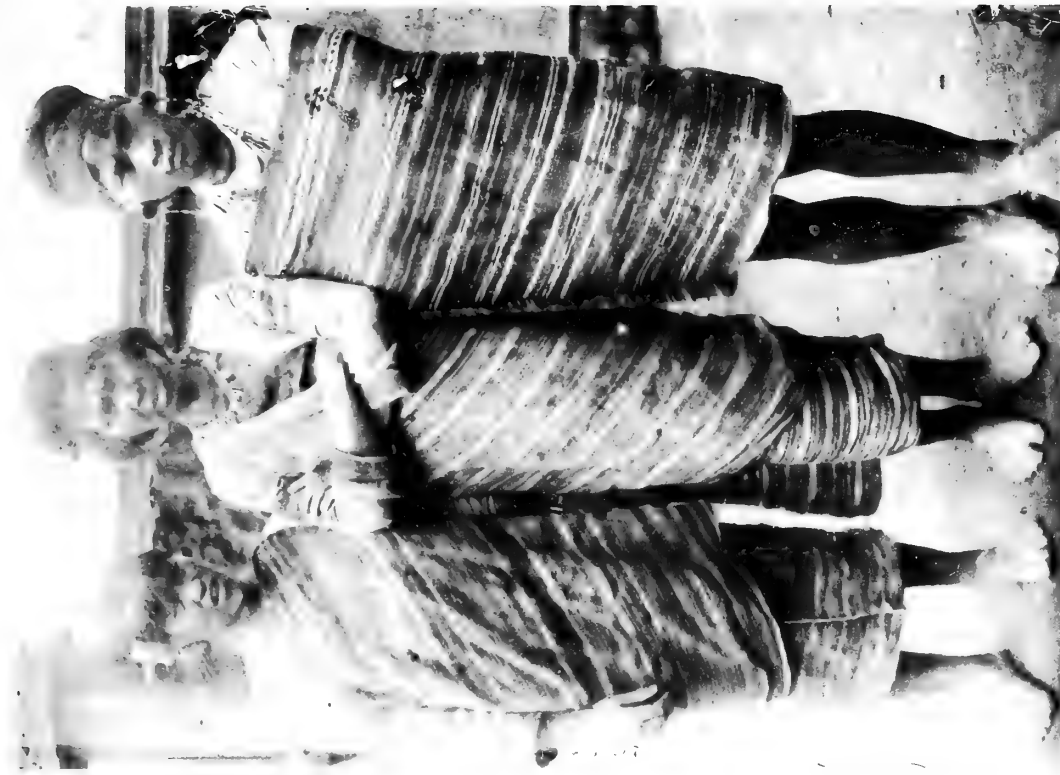
Explication de la Pl. V.

I. Tribu Taiyal, Groupe Occidental.

- A.** Quatre jeunes gens de 22, 18, 12 et 10 ans, du village de “Maïbara”.
- B.** Aborigènes de “Tōseikakou.” Celui de droite est un homme; les deux autres sont des femmes. Tous sont tatoués.



A



B

R. TORII.

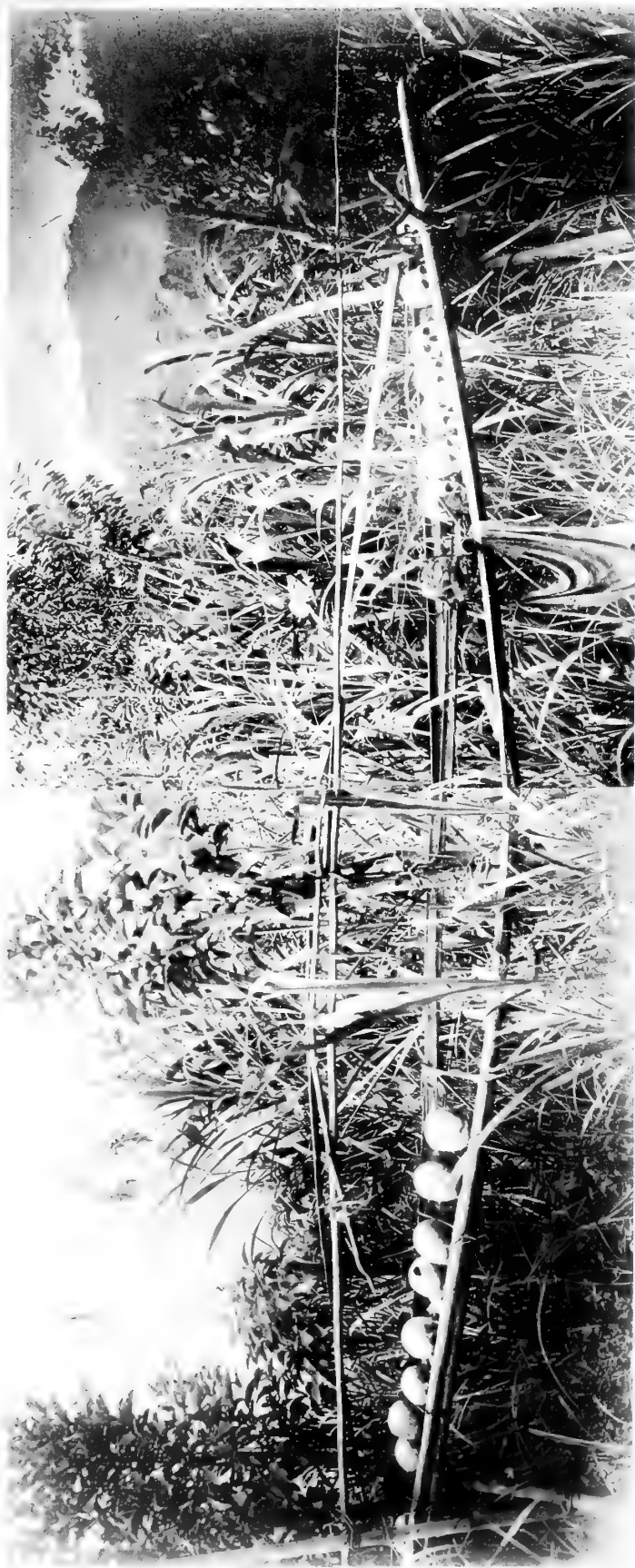
LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE VI.

Explication de la Pl. VI.

I. Tribu Taiyal, Groupe Occidental.

Etagère en bambou, de crânes humains, près d'un village d'aborigènes, en Tōseikakou. Les crânes blancs, à gauche, sont tous des crânes d'ennemis tués et rapportés des chasses à l'homme.



R. TORII.

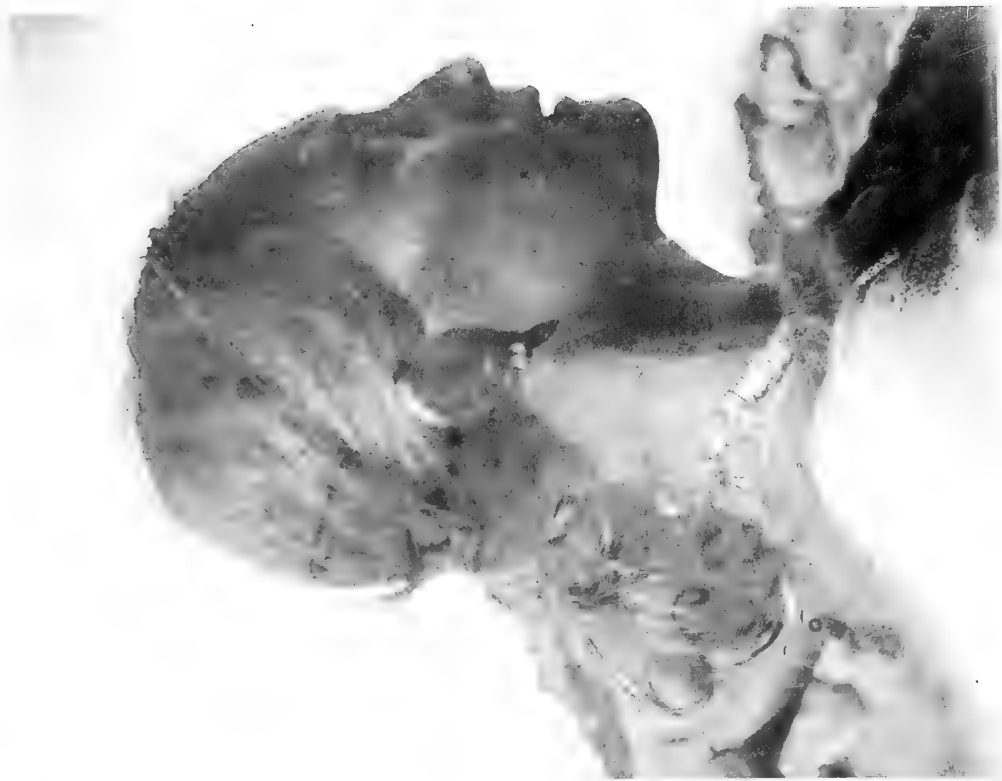
LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE VII.

Explication de la Pl. VII.

I. Tribu Taiyal, Groupe Occidental.

- A.** Femme indigène du village de Maïbara, âgé d'environ quarante-cinq ans, au visage tatoué.
- B.** La même femme vue de face, avec une pipe en bambou dans les cheveux.



A



B

R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE VIII.

Explication de la Pl. VIII.

I. Tribu Taiyal, Groupe Occidental.

- A.** A droite, jeune homme; à gauche, jeune fille aborigènes tatoués du village de Maïbara. Ils soufflent dans une sorte de harpe à piston intérieur, actionné au moyen d'une ficelle.
- B.** La figure, le corps et le costume de ces trois femmes de Maïbara de la tribu "Taiyal," sont vraiment de beaux spécimens anthropologiques.



A



B

R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE IX.

Explication de la Pl. IX.

I. Tribu Taiya¹, Groupe Occidental.

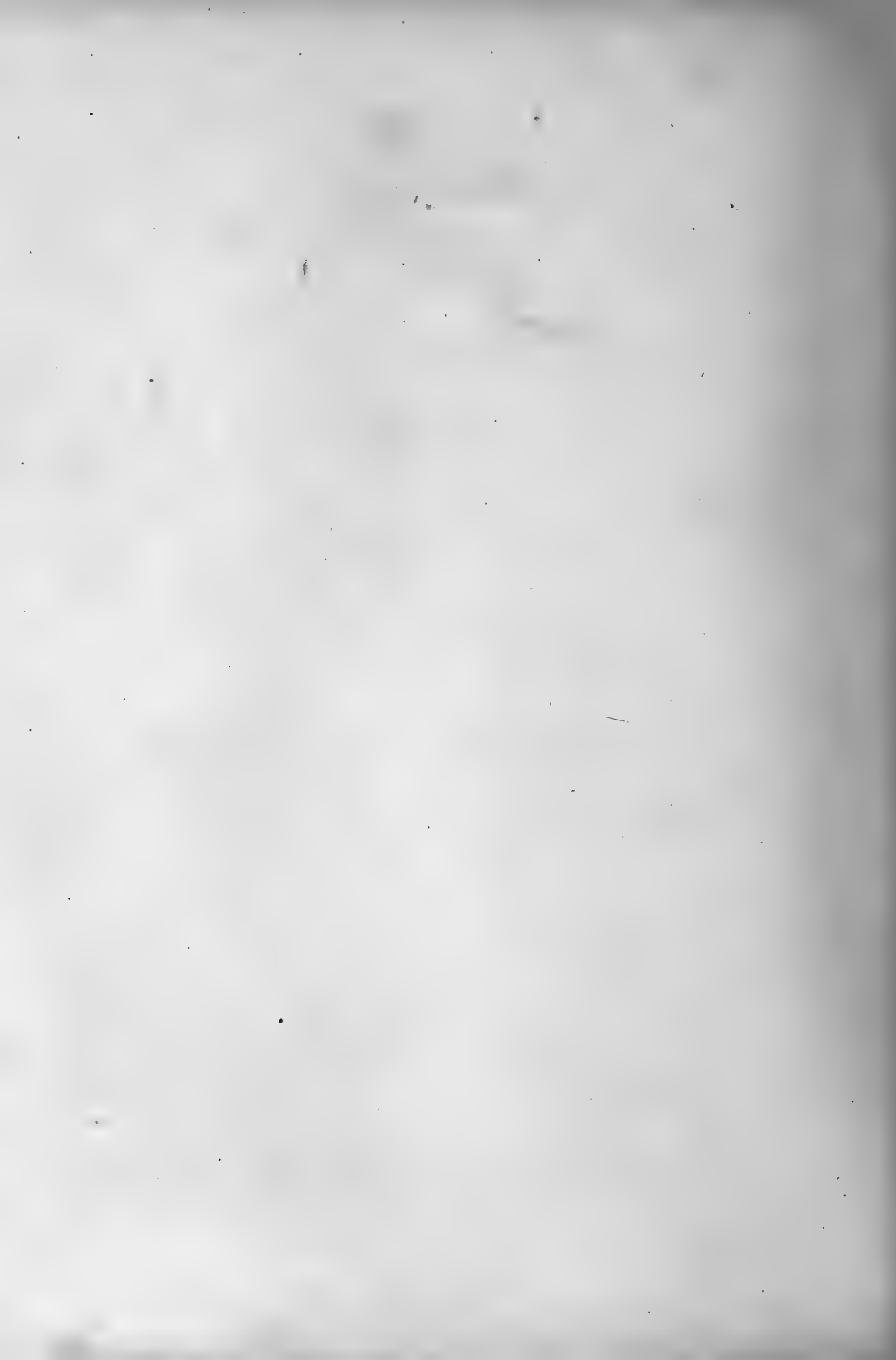
- A.** Deux femmes de Tōseikakou. Les vêtements de tous les indigènes sont en toile de chanvre.
- B.** Trois hommes de Tōseikakou. Celui de droite porte un collier fait avec les dents d'ennemis tués dans les chasses à l'homme.



A



B



R. TORII.

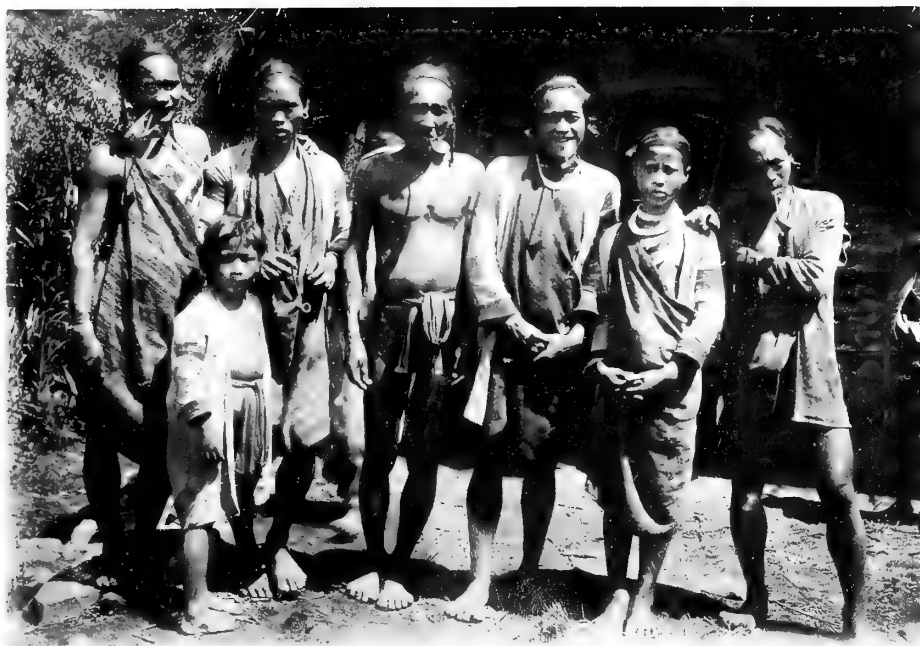
LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE X.

Explication de la Pl. X.

I. Tribu Taiyal, Groupe Occidental.

- A.** Hommes et enfants du village de Maïbara. Costumes et physionomies.
- B.** Femmes et enfants du même village. Costumes et physionomies.



A



B



R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE XI.

Explication de la Pl. XI.

I. Tribu Taiyal, Groupe Occidental.

- A. Paysage et village de Maïbara. Le chemin qui serpente en haut, est un chemin de montagne. A droite et à gauche de ce chemin, sont des champs de riz et de millet, étagés sur les flancs de la montée.
- B. Maison de Maïbara couverte en roseau "Kaya." (*Miscanthus sinensis*).



A



B



R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE XII.

Explication de la Pl. XII.

I. Tribu Taiyal, Groupe Occidental.

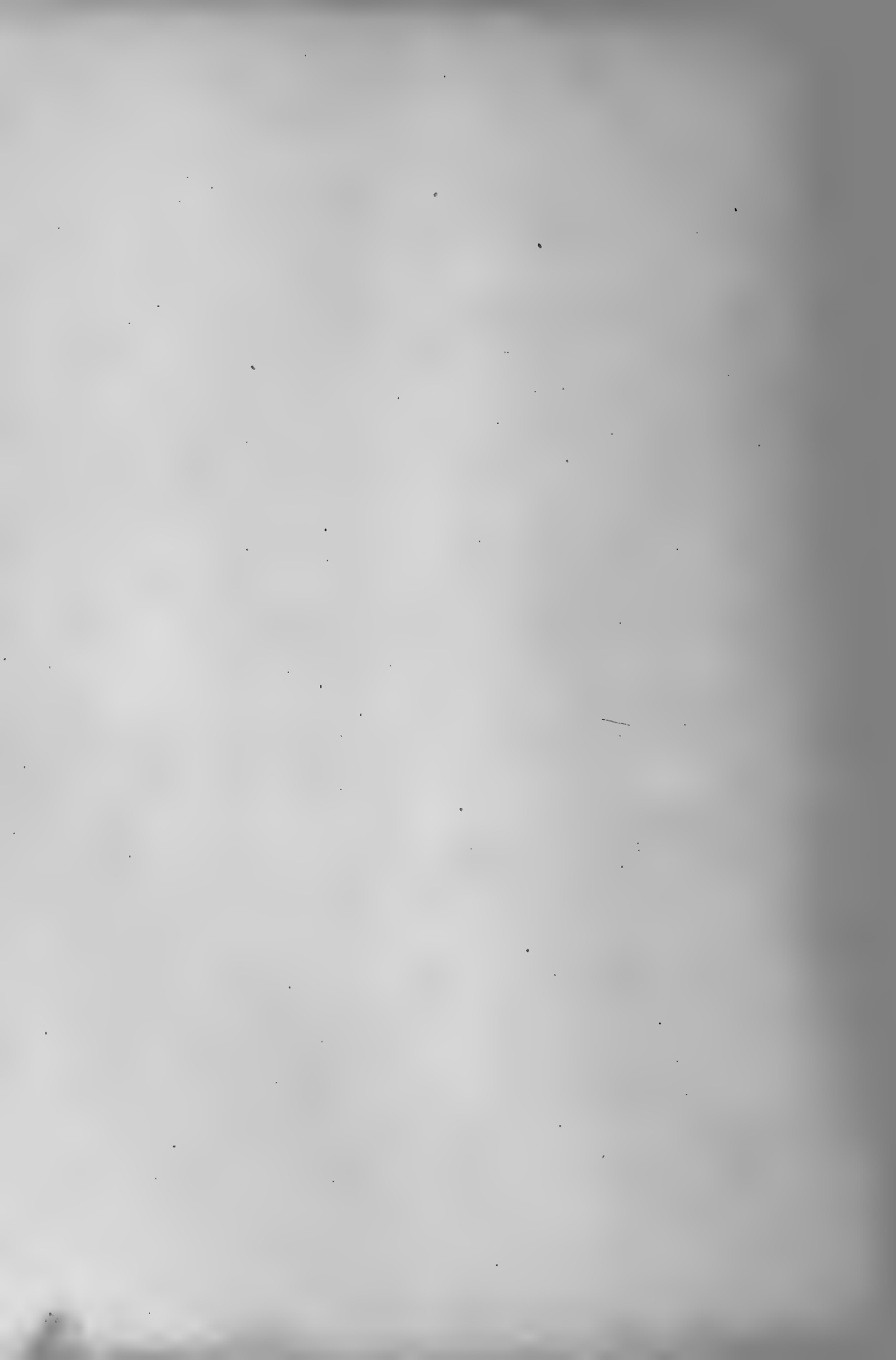
- A.** Maison et magasin à vivres, riz, millet, etc.. etc., en Tōsei-kakou. La maison est construite en bambou.
- B.** Vallée de Taïko. Pont en bambou et en lianes, construit sur la rivière, par les indigènes.



A



B



R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE XIII.

Explication de la Pl. XIII.

I. Tribu Taiyal, Groupe Occidental.

- A.** Deux hommes Taiyal, des sauvages de Nanwo, habitants les montagnes, dans le voisinage du canton de Suwo.
- B.** Les mêmes individus vus de profil.



A



B



R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE XIV.

Explication de la Pl. XIV.

I. Tribu Taiïyal, Groupe Occidental.

- A.** Costume et physionomie des sauvages de Nanwo. Les deux personnes debout et enlacées à gauche, sont des femmes. Tous les autres sont des hommes.
- B.** Deux femmes de Nanwo.



A



B

R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE XV.

Explication de la Pl. XV.

I. Tribu Taiyal, Groupe Occidental.

- A.** Deux magasins à vivres élevés sur pilotis, à cinq pieds du sol, avec obstacles à la naissance du plancher, contre les rats, au village de Maïbara.—Crânes d'ennemis tués.—Les deux individus accroupis et celui qui est debout, à droite, sont des hommes; les deux autres, des femmes. La plus petite tient devant elle, des fils de chanvre.

I. Tribu Taiyal, Groupe Oriental.

- B.** Tisseuse à l'ouvrage, du village de "Mou," dans le canton de "Poli." Toutes les femmes des clans "Taiyal," tissent ainsi.



A



B

R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE XVI.

Explication de la Pl. XVI.

I. Tribu Taïyal, Groupe Oriental.

- A. Indigènes "Taïyal," du village de Vokkouï, dans l'Est de Formose, adossés à un magasin à vivres. La personne du fond est une femme; les quatre autres sont des hommes.
- B. Trois hommes Taïyal, du village de Tarok, également dans l'Est de Formose. Au début de l'occupation de l'île par les Japonais, tout étranger pouvait sans danger, voyager dans ces régions. Aujourd'hui, il n'en est plus ainsi.
- C. Femme de Vokkouï debout devant sa maison, avec son enfant.



A



B



C

R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE XVII.

Explication de la Pl. XVII.

II. Tribu Niitaka, Groupe Soungaou.

- A.** Chef d'un village Soungaou, en costume officiel. Le haut de son diadème est une sorte de couronne en poil teint en rouge; le milieu, est un treillis d'herbes Toksa (prêle d'hiver) en bourrelet; et le bas, une pièce de calicot rouge d'importation allemande. Il tient une flèche empennée de la main gauche. Seuls, les sauvages Niitaka ont de ces flèches empennées et savent assez bien les lancer. C'est un progrès sur les autres sauvages, qui eux aussi, ont des flèches, mais sans plumes, et de plus, sont fort peu habiles à s'en servir.
- B.** Autre chef Soungaou et son fils, également en costume officiel.



A



B



R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE XVIII.

Explication de la Pl. XVIII.

II. Tribu Niitaka, Groupe Soungaou.

- A.** Modèle d'habitation Soungaou. Maison du chef B de la planche précédente. Mortier à piler le riz. Divers ustensiles de ménage.
- B.** Hommes, femmes et enfants Soungaou. Turban noir en coton, de fabrication chinoise. Ces turbans pourraient faire croire que ces peuplades sont musulmanes. Il n'en est rien. Leur culte, et du reste, celui de tous les autres sauvages de Formose, est le culte des ancêtres, comme au Japon.



A



B



R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE XIX.

Explication de la Pl. XIX.

II. Tribu Niitaka, Groupe Soungaou.

- A.** Maison Commune ou du Conseil, du village de Birr, chez les Soungaou. Chaque village possède une de ces maisons.— *Torii* (Portique) primitif à la destination identique à ceux du Japon, qu'on voit devant les temples Shinntoïstes. La paille enroulée à l'une des extrémités des deux poutres supérieures transversales de ce *Torii*, représente, avec la même signification, les "Shimé" en paille de riz cordelée, qui pendent aux *Torii* Japonais.
- B.** Trois hommes Soungaou. Costume et physionomie.



A



B

R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE XX.

Explication de la Pl. XX.

II. Tribu Niitaka, Groupe Soungaou.

A. Beaux types d'indigènes. Trois hommes Soungaou.

II. Tribu Niitaka, Groupe Kanabb.

B. Ce groupe ne comprend que quatre villages dont la langue, le costume, les us et coutumes sont identiques à ceux des deux groupes Soungaou et Ari. Quatre hommes Kanabb, en tenue de chasse.



A



B



R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE XXI.

Explication de la Pl. XXI,

II. Tribu Niitaka, Groupe Ari.

- A. De la planche XXI à la planche XXVIII inclusivement, les sujets représentés appartiennent tous au groupe Ari.—Chef du village de Tappann, dans les montagnes d'Ari.
- B. Trois hommes de Tappann, en costume de guerre et de chasse. Leurs habits et leurs bonnets sont en peaux de cerfs.



A



B



R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE XXII.

Explication de la Pl. XXII.

II. Tribu Niitaka, Groupe Ari.

- A.** Femme et enfant de Tappann fabriquant de la poterie. Autrefois, les femmes "Ari" étaient renommées pour leur habileté dans l'art de fabriquer la poterie. Aujourd'hui, il ne reste plus que deux vieilles femmes qui se livrent à cette industrie. Elles disparues, l'art lui-même disparaîtra nécessairement avec elles.—Le Bul. de la soc. anthr. de Tokyo, dans son fascicule N^o. 178, a traité longuement ce sujet de la poterie indigène de Formose.
- B.** Femmes Ari décortiquant le riz, et vannant le millet. La femme de droite, avec sa hotte sur le dos, est de retour de la montagne. Selon une coutume générale chez les Ari, toutes les femmes portent sur la tête, comme ornement, des fleurs de lis rouges qu'elles cultivent elles-mêmes à cette fin.—Les mortiers à piler le riz, comme du reste, tous les autres ustensiles de ces peuplades, et jusqu'à la manière de s'en servir, sont identiques à ceux des indigènes des îles Philippines, de tout l'archipel Malais et du Japon.



A



B

R. TORII

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE XXIII.

Explication de la Pl. XXIII.

II. Tribu Niitaka, Groupe Ari.

- A.** Maison d'Ari.
- B.** Costume et physionomie. Jeunes filles Ari.



A



B

R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE XXIV.

Explication de la Pl. XXIV.

II. Tribu Niitaka, Groupe Ari.

- A.** Costumes et physionomies de jeunes filles Ari.—La plus petite tient à la main, une houe en bois à la pointe de fer. La plus grande porte une hotte invisible sur la photographie, et supportée par une courroie appliquée sur le front, comme dans certaines parties du Japon, à Hatchidjōdjima, par exemple.
- B.** Guerriers Niitaka armés de boucliers, de lances, d'arcs et de flèches. Lances et flèches qu'ils jettent de loin dans les combats. La tactique et les armes de ces guerriers, sont les mêmes que celles des indigènes des Philippines et des îles Malaises.



A



B

R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE XXV.

Explication de la Pl. XXV.

II. Tribu Niitaka, Groupe Ari.

- A.** Femmes Ari. Costumes et physionomies. Celle du milieu porte un collier fait en parties de coquillages qui servaient autrefois de monnaie. Aujourd'hui, ces sauvages ne trafiquent plus que par échanges de marchandises. Ils n'ont pas de monnaie.
- B.** Femmes Ari vues de dos.



A



B

R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE XXVI.

Explication de la Pl. XXVI.

II. Tribu Niitaka, Groupe Ari.

- A.** Costumes et physionomies de femmes Ari.
- B.** Costumes et physionomies d'hommes Ari.



A



B



R. TORII

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE XXVII.

Explication de la Pl. XXVII.

II. Tribu Niitaka, Groupe Ari.

- A.** Type remarquable de crétin Ari.
- B.** Homme Ari à l'état normal, et crétin. La différence de taille de l'un à l'autre, est généralement de toute la tête. La tradition, chez ces peuplades, comme chez les Japonais du reste, rapporte qu'anciennement, le pays était habité par des nains (Kobito) ou pygmées.



A



B

R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE XXVIII.

Explication de la Pl. XXVIII.

II. Tribu Niitaka, Groupe Ari.

- A.** Maison du conseil chez les Ari. Poutres grossières entaillées et servant d'échelles pour monter sur le plancher. — Les femmes ne doivent jamais pénétrer dans cette hutte; et les hommes mariés eux-mêmes n'y ont droit d'accès que les jours de conseil. En temps ordinaire, elle n'est habitée que par les enfants mâles, du moment qu'ils peuvent marcher, jusqu'à l'âge d'environ quatorze ans. Ils y vivent, y mangent et y dorment la nuit.

III. Tribu Bounoun, Groupe Dakousui.

- B.** Famille du village de Tonpo, dans la vallée du Dakousui. Modèle de maison de ces sauvages.



A



B

R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE XXIX.

Explication de la Pl. XXIX.

III. Tribu Bounoun, Groupe Dakousui.

- A. Trois hommes de Tonpo. Costumes et physionomies.
- B. Femmes et enfants de Tonpo. Costume complet de femme.
La manière de porter les enfants, est la même qu'aux Philippines et dans les îles malaises.



A



B

R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE XXX.

Explication de la Pl. XXX.

III. Tribu Bounoun, Groupe Dakousui.

- A.** Deux hommes de la vallée du Dakousui, vus de profil.
- B.** Les mêmes vus de face.



A



B

R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE XXXI.

Explication de la Pl. XXXI.

III. Tribu Bounoun, Groupe Bounouwan.

- A.** Maison couverte en ardoises, du village de Tarna, dans les montagnes de l'Est de Formose (Taitō), chez les sauvages Bounouwan. Ce village est vraisemblablement le lieu habité le plus élevé de toute l'île.—Chef de ce village et sa famille.
- B.** Femme de Tarna avec son enfant.—Sa maison.—Toute cette partie de l'île est très boisée.



A



B

R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE XXXII.

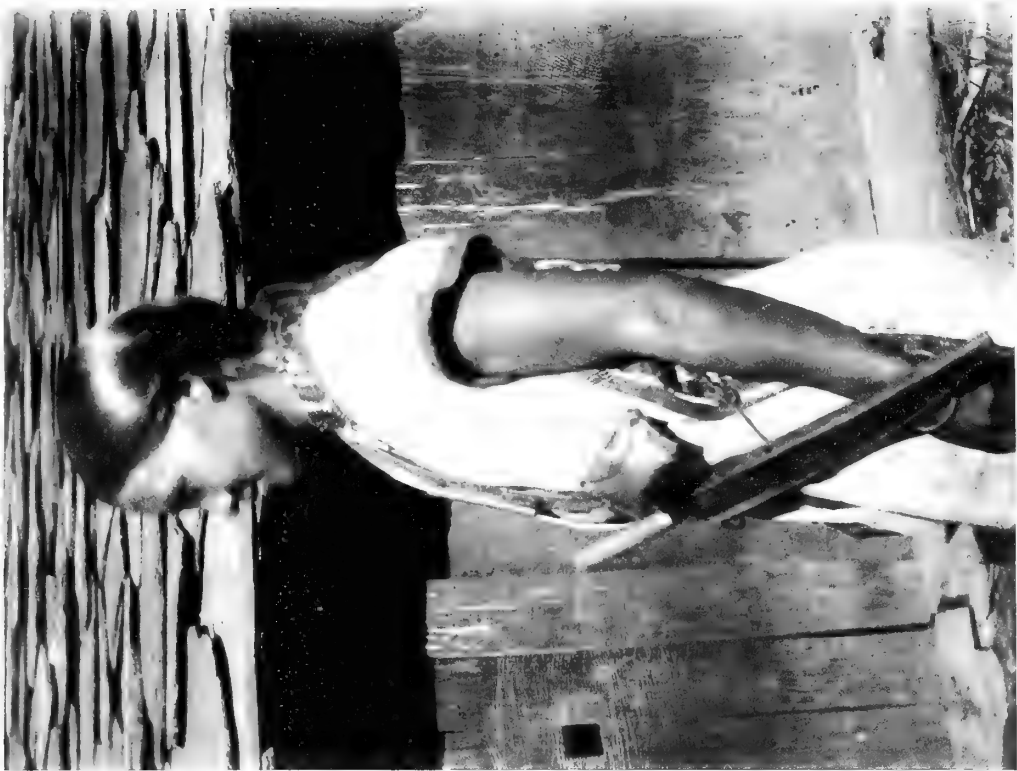
Explication de la Pl. XXXII.

III. Tribu Bounoun, Groupe Bounouwan.

- A.** Homme de Tarna vu de profil. Il porte un sabre court à la ceinture, à la manière des samouraï Japonais. La lame de ce sabre est de fabrication chinoise, le fourreau est à jour sur une de ses faces, et cerclé de fil de laiton. Sabre et fourreau sont en tout semblables à ceux des Dayaks de Bornéo et des indigènes des Philippines.
- B.** Le même vu de profil.



A



B



R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE XXXIII.

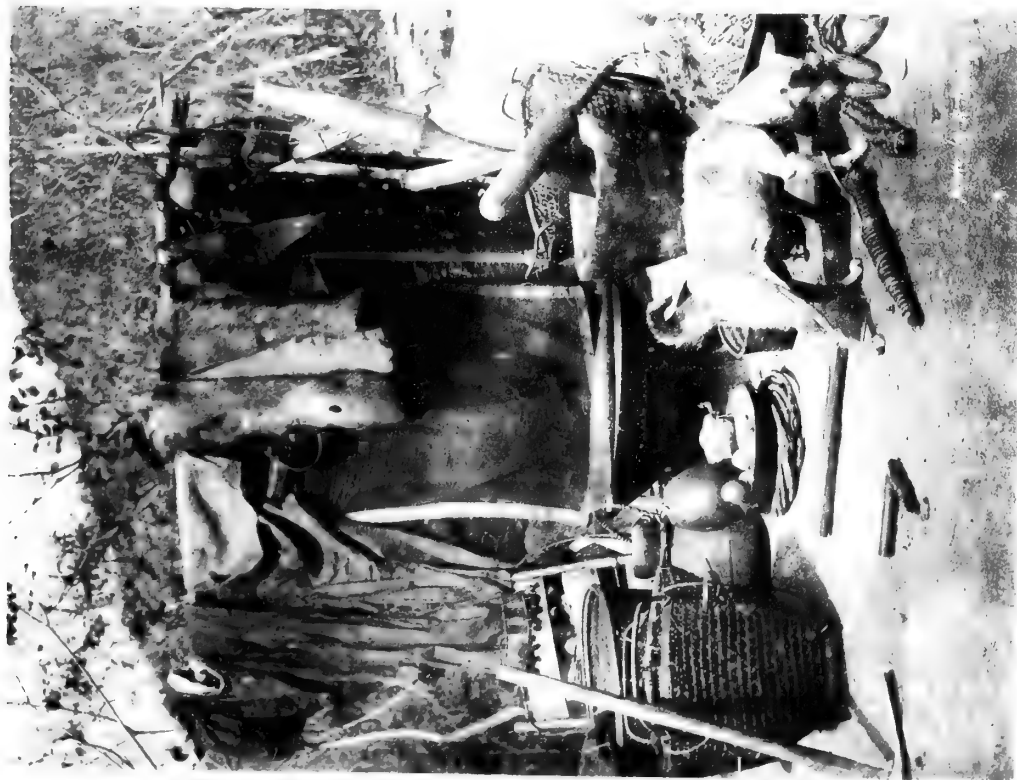
Explication de la Pl. XXXIII.

III. Tribu Bounoun, Groupe Séboukoun.

- A.** Les Séboukoun habitent en amont du Shimo-Tamsuï.
Vêtements et ustensiles de ces barbares: habits, pagnes, turbans, mortiers à riz, paniers, houes, corbeilles, marmites à cuire le riz, chaudrons, tasses, etc... etc.. etc.. Millet et Maïs.

III. Tribu Bounoun, Groupe Dakousuï.

- B.** Beaux types d'hommes du village de Tonpo.



A



B

R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE XXXIV.

Explication de la Pl. XXXIV.

III. Tribu Bounoun, Groupe Séboukoun.

- A.** Hommes et femmes Séboukoun. Tisseuse assise à terre.
A droite, femme avec le voile de deuil.
- B.** Famille Séboukoun prenant son repas.



A



B

R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE XXXV.

Explication de la Pl. XXXV.

III. Tribu Bounoun, Groupe Séboukoun.

A. Guerriers Séboukoun en amont de la vallée du Shimo-Tamsui, sur le point de partir pour la chasse à l'homme et portant sur le dos, des vivres dans un bissac. Ils vont se mettre en embuscade dans les bois, et attendent le gibier humain souvent pendant plusieurs jours. Ils coupent toujours les têtes de leurs victimes, les mettent dans le bissac et les apportent au village. Au retour, les vieillards, les femmes et les enfants accourent. On place ces têtes à terre, on fait cercle autour d'elles, on leur adresse un petit discours pour les féliciter et les remercier d'avoir daigné venir au village; on leur introduit du riz et une sorte de boisson dans la bouche; puis tout ce monde se livre à des danses et à des orgies sans nom. Enfin, on porte ces affreux trophées sur l'étagère aux crânes, et on les y abandonne sans jamais plus les visiter; parcequ'ils sont devenus des objets redoutables et dangereux. Ces sauvages craignent par dessus tout les apparitions, les fantômes, les revenants, les vengeances posthumes, etc... Le costume de ces guerriers, y compris le bonnet, est tout entier en peau de cerf.—Cette photographie a été prise au milieu des plus grands dangers.

B. Hommes, femmes et enfants Séboukoun.



A



B

R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE XXXVI.

Explication de la Pl. XXXVI.

III. Tribu Bounoun, Groupe Séboukoun.

- A.** Chez les Séboukoun. Deux crânes ficelés sur l'étagère, avec un fac-simile d'arc et de flèche, et aussi des brindilles de bambou effeuillées au dessus.—Homme Séboukoun.
- B.** Hommes et femmes Séboukoun. L'individu de face, à droite, est un homme.



A



B



R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE XXXVII.

Explication de la Pl. XXXVII.

IV. Tribu Saou.

- A. Lac Suïsha, dans le canton de Poli, chez les Saou. Pirogues creusées dans des troncs de camphriers.—Pagaies.—Les Saou habitent tout autour du lac et communiquent entre eux au moyen de ces pirogues.
- B. Homme Saou. Costume, physionomie. Sa maison.
- C. Femme Saou. Son costume.



A



B



C

R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE XXXVIII.

Explication de la Pl. XXXVIII.

V. Tribu Tsarisène.

Village de Kō chez les “Tsarisène,” étagé sur le flanc d’une montagne. Les toits et les murs de ce village sont en ardoises. Les rues elles mêmes, sont pavées en ardoises.



R. TORII.

LES ABORIGÈNES DE FORMOSE.

PLANCHE XXXIX.

Explication de la Pl. XXXIX.

V. Tribu Tsarisène.

- A.** Veuve du chef du village de Poutounrok, et régente jusqu'à la majorité de son fils. Beau type Tsarisène. Elle porte une couronne de fleurs sur sa tête, selon la coutume générale de cette tribu, sans distinction d'hommes et de femmes.

- B.** La même vue de profil.



A



B

R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE XL.

Explication de la Pl. XL.

V. Tribu Tsarisène.

- A.** Hommes, femmes et enfants du village de Taïnan situé sur une hauteur, à l'Ouest de la région de Pilam. Les deux personnes de droite sont des femmes; les autres, des hommes. L'ornement que porte au front l'enfant du chef de ce village, est fait avec des dents de léopards.—Maison de ce chef.
- B.** Trois femmes de Poutounrok. Les tiges de bambou dressées à gauche, sont creuses et servent d'ustensiles pour contenir de l'eau et la garder dans la lutte. Selon la coutume de cette tribu, de grossières figurines humaines sont dessineés au dessus de la porte de chaque maison.



A



B

R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE XLI.

Explication de la Pl. XLI.

V. Tribu Tsarisène.

- A.** Chef du village de Taïnan vu de profil.
- B.** Le même vu de face.



A



B

R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE XLII.

Explication de la Pl. XLII.

V. Tribu Tsarisène.

- A.** Chef du village de Kō et sa famille.—Il y a longtemps de cela, une lumière très vive parut pendant plusieurs nuits de suite, sur la montagne voisine. Les habitants de Kō, effrayés, n'osèrent pas aller voir ce que c'était. Cependant, un d'eux plus hardi, monta et trouva que c'étaient ces "mirifiques" cruches qui brillaient ainsi. On les apporta au village avec respect, et depuis, elles sont le trésor de la localité. D'autres villages ont aussi de ces poteries qu'on fabriquait anciennement un peu partout dans la tribu. Aujourd'hui, on n'en fait plus.
- B.** Fils et majordome du chef de Taïnan. L'enfant porte sur le dos, une sorte de manteau contre la pluie.



A



B

R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

2

PLANCHE XLIII.

Explication de la Pl. XLIII.

V. Tribu Tsarisène.

- A.** Hommes, femmes et enfants du village de Bogari.
L'individu du milieu tient un fac-simile de bouclier.
- B.** Femme, fille et majordome du chef de Kō. Figurines
humaines au dessus de la porte de sa maison.



A



B

R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE XLIV.

Explication de la Pl. XLIV.

V. Tribu Tsarisène.

- A.** Deux hommes de Bogari. Celui de droite est en costume de gala, avec une couronne de fleurs sur la tête et une peau de léopard sur les épaules.
- B.** Étagère en ardoise, de crânes humains, soit chinois, soit sauvages, au village de Bogari. Chaque village possède une de ces affreuses étagères, mais celle de Bogari est la mieux fournie. Quand ces abominables sauvages rapportent des têtes fraîchement coupées, ils percent une des joues, les suspendent à un arbre au moyen de lianes, et les y laissent jusqu'à ce que les chairs soient tombées. C'est alors qu'ils les placent sur l'étagère. Cette coutume est particulière aux Tsarisènes.



A



B

R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE XLV.

Explication de la Pl. XLV.

V. Tribu Tsarisène.

- A.** Maison en ardoise et magasin, chez les Tsarisènes. Matériaux de construction. Maison abandonnée par suite du décès de son propriétaire. Cette coutume existait aussi au Japon.
- B.** Village Tsarisène dans une plaine environnée de hautes montagnes.—Peau d'animal séchant sur le toit d'un magasin, à droite. Rue pavée d'ardoises. Maisons ici et là. Trapèze à l'usage des petites filles. Les jeunes garçons ne se livrent pas à cet exercice.



A



B

R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE XLVI.

Explication de la Pl. XLVI.

VI. Tribu Païwan, Groupe Parijda-rijaou.

- A.** Homme du village de Botan, chez les Paridja-ridjaou. Costume et physionomie. En 1874, les indigènes de ce village ayant massacré des naturels des îles Riou-Kiou naufragés sur leurs côtes, le gouvernement japonais organisa une expédition pour les châtier.
- B.** Chef du village de Tirasok avec sa femme et sa fille. Les femmes indigènes du groupe Paridja-ridjaou ont adopté en partie, le costume chinois.



A



B

R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE XLVII.

Explication de la Pl. XLVII.

VI. Tribu Paiwan, Groupe Parijda-rijaou.

- A.** Homme du village de Botan, vu de face et coiffé à la mode chinoise. Avant l'occupation japonaise, chaque individu de ce groupe recevait une fois par an, du gouverneur chinois, une certaine somme d'argent pour se faire ainsi coiffer. Les Japonais ont mis fin à cette largesse. Ces sauvages portent tous passés dans leurs oreilles, de gros morceaux de bois en forme de bobines de filature.
- B.** Le même homme vu de profil. Physionomie caractéristique. Cet homme était encore naguère, le seul survivant du temps de l'expédition japonaise de 1874. Il est mort maintenant. En général, les indigènes de Formose n'atteignent pas un âge très avancé.



A



B

R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE XLVIII.

Explication de la Pl. XLVIII.

VI. Tribu Païwan, Groupe Parijda-rijaou.

- A.** Homme du village de Botan vu de profil.
- B.** Le même homme vu de face.



A



B

R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE XLIX.

Explication de la Pl. XLIX.

VI. Tribu Paiwan, Groupe Parijda-rijaou.

- A.** Enfants du village de Botan. Costumes et physionomies d'enfants.
- B.** Homme d'environ quarante-sept ans, de Botan et sa fille. Costumes des Paridja-ridjaou.



A



B

R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE L.

Explication de la Pl. L.

VI. Tribu Païwan, Groupe Parijda-rijaou.

A. Maison de Botan.

VI. Tribu Païwan, Groupe Tchakou-bokou-boum.

B. Maison indigène Tchakou-bokou-boum. Femme pilant le riz.—Enfant qui joue.—Petite fille qui porte son frère sur le dos.



A



B

R. TORII

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE LI.

Explication de la Pl. LI.

VI. Tribu Païwan, Groupe Tchakou-bokou-boum.

- A.** Jeune homme Tchakou-bokou-boum, vu de face. Mieux que le groupe Paridja-ridjaou, ce groupe Tchakou-bokou-boum a conservé les vieilles coutumes et les anciennes traditions des Païwans. Ce groupe est le meilleur champ d'étude possible pour acquérir la connaissance de ces sauvages.
- B.** Le même jeune homme vu de profil.



A



B

R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE LII.

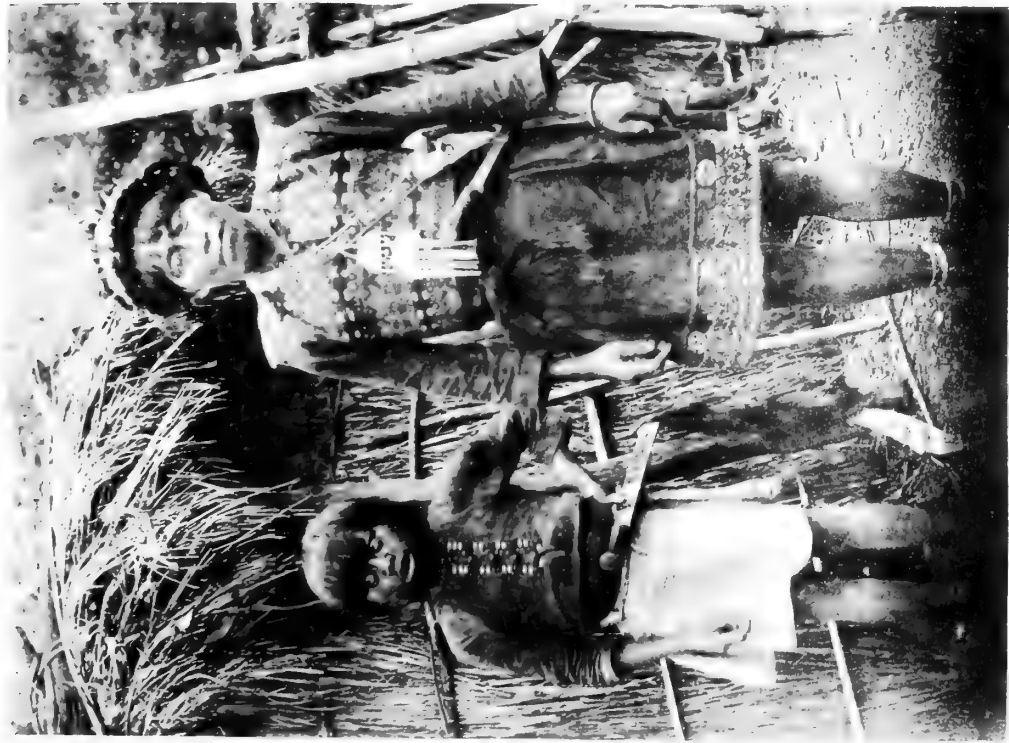
Explication de la Pl. LII.

VI. Tribu Païwan, Groupe Subon.

- A.** Ce groupe habite entre les Paridja-ridjaou et les Tchakou-bokou-boum. Chef du village de Rikiriki en costume officiel, et son fils. Ce costume ressemble tout à fait à celui des Dayaks de Bornéo. Maison de ce chef.

VI. Tribu païwan, Groupe Tchak-bokou-boum.

- B.** Jeune homme sauvage Tchakou-bokou-boum. Physionomie.



A



B

R. TORII.

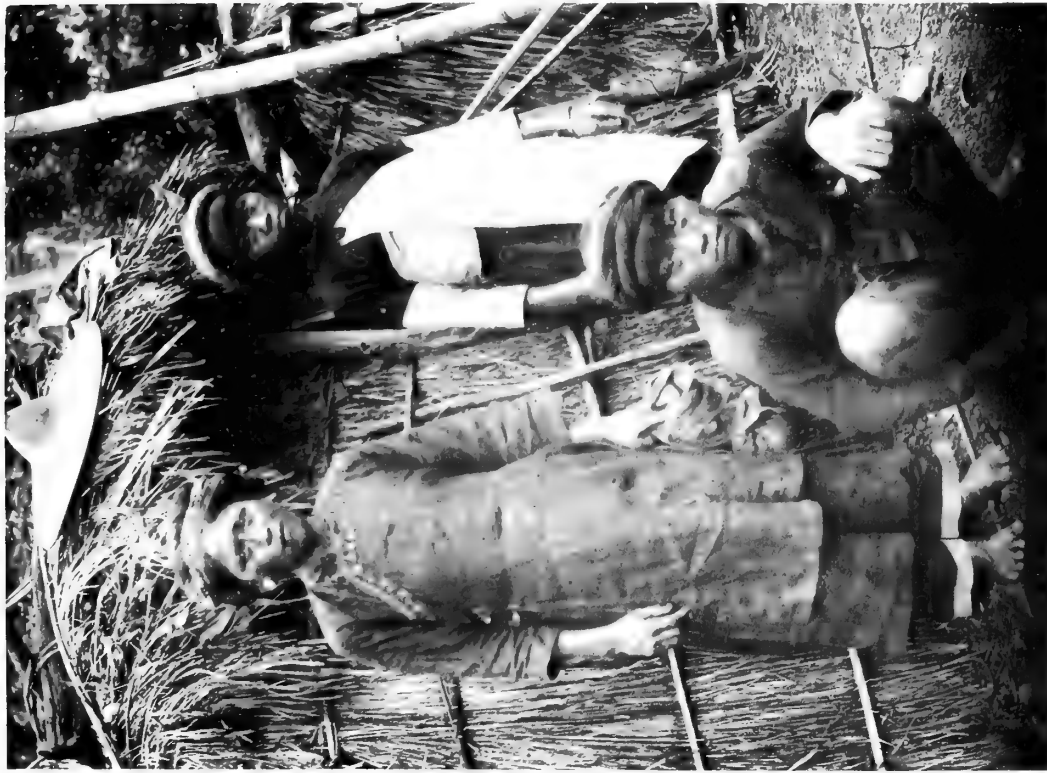
LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE LIII.

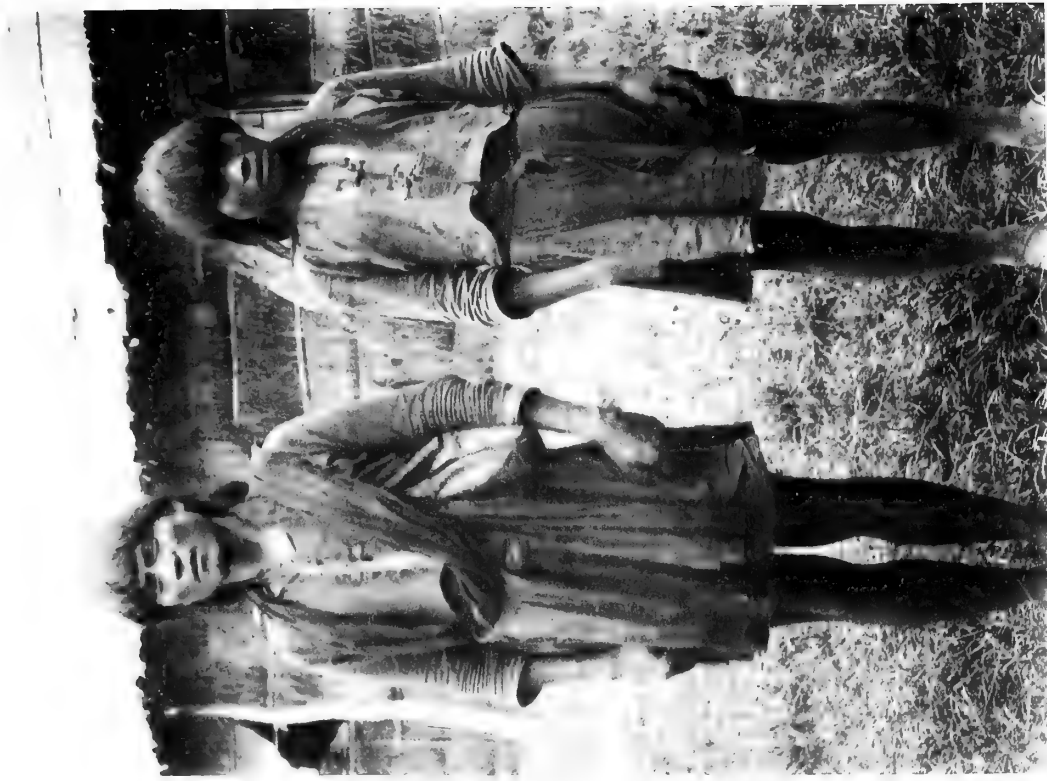
Explication de la Pl. LIII.

VI. Tribu Paiwan, Groupe Pakarkar.

- A.** Deux hommes et une femme Pakarkar. Costumes et physionomies.
- B.** Chef d'un village Pakarkar et son fils.



A



B

R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE LIV.

Explication de la Pl. LIV.

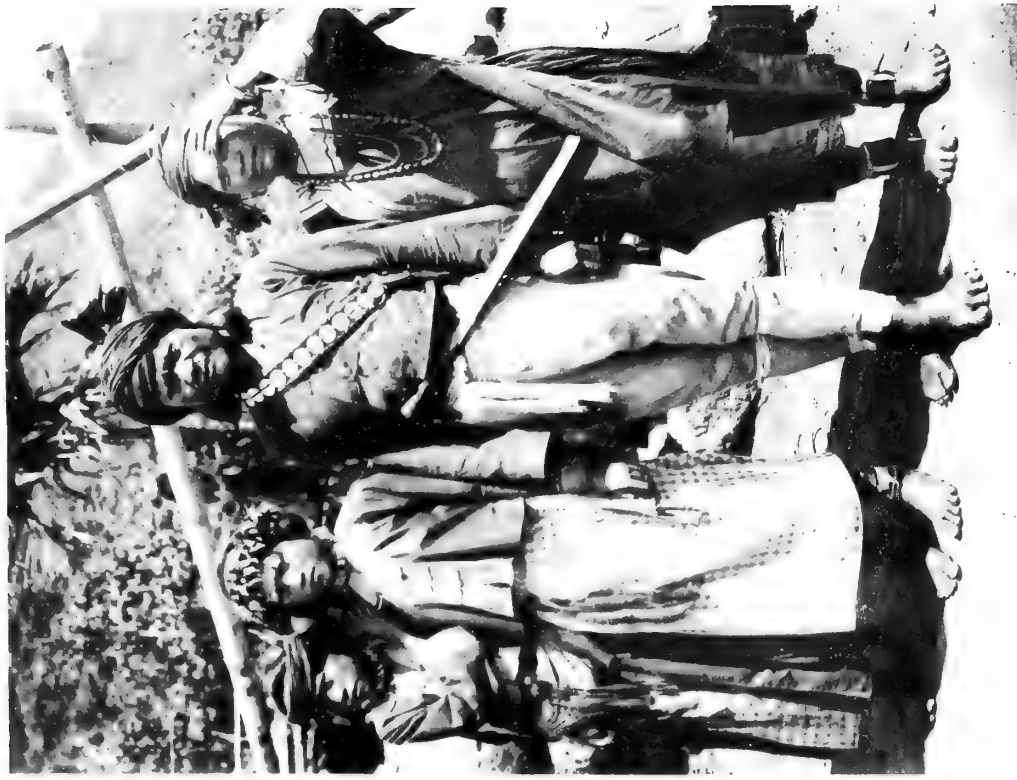
VI. Tribu Paiwan, Groupe Pakarkar.

- A.** Femme Pakarkar debout devant sa maison avec son fils et sa fille.

- B.** Chef d'un village Pakarkar. Sa femme et ses deux filles. Costumes et physionomies. Tuyau en bambou recevant l'eau de la montagne pour la conduire et la déverser dans la fontaine commune du village.



A



B

K. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE LV.

Explication de la Pl. LV.

VI. Tribu Païwan, Groupe Pakarkar.

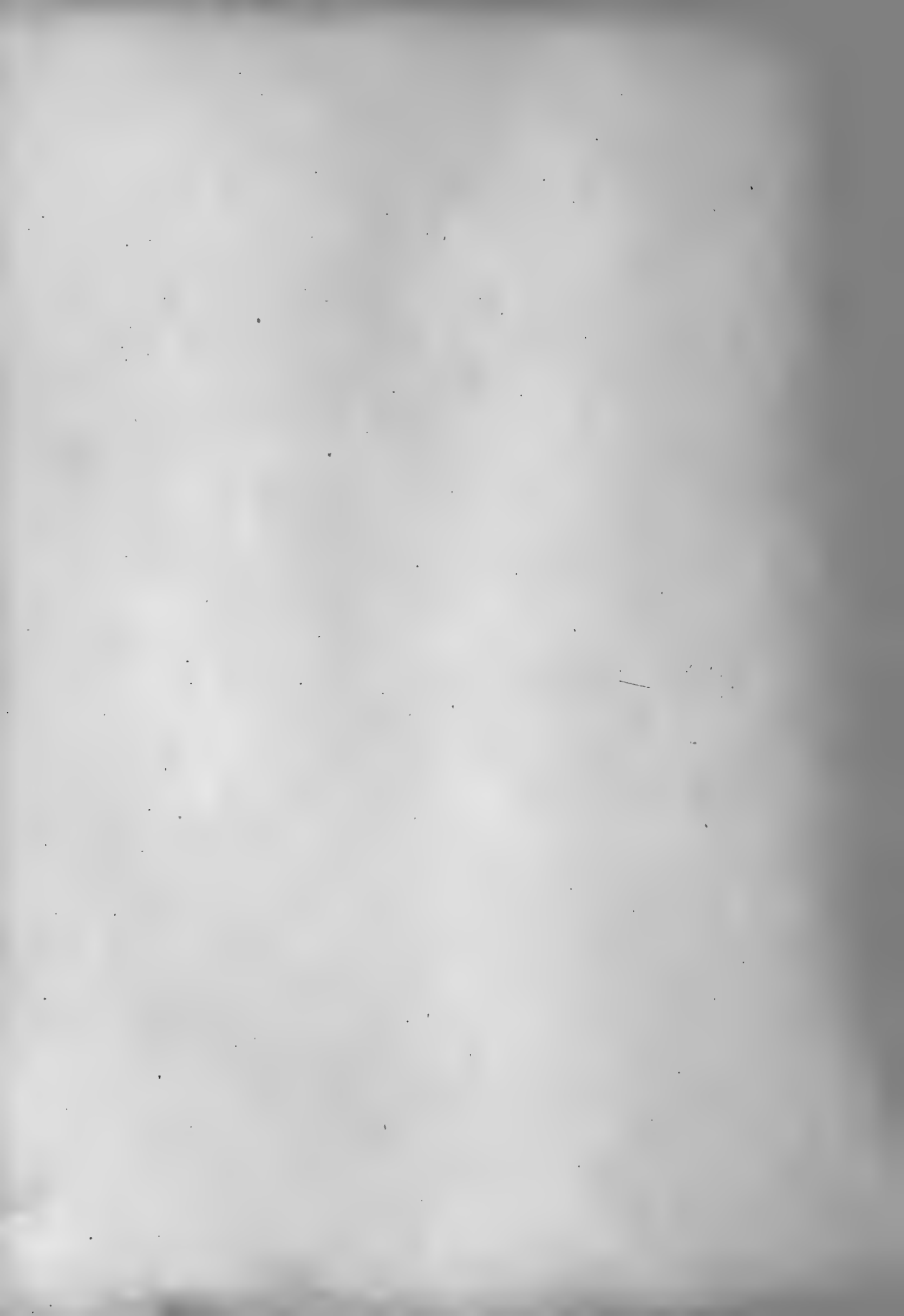
- A.** Maison du chef du village Pakarkar de Tamari. Ce chef étant mort, sa maison est devenue un temple. De chaque côté de la porte, est gravée une figurine humaine accroupie et les bras en l'air. Les Tsarisènes ont la même coutume, ainsi que les Malais des Philippines et de Bornéo.—Pierre levée, avec une tête humaine gravée en haut, et deux serpents sur les côtés. Chez les barbares de Formose, le serpent est un animal sacré qu'il est défendu de tuer. Au Japon aussi, certains serpents sont honorés et sacrés, (jinja etc...)
- B.** Trois jeunes hommes Pakarkar de 20 à 25 ans habitant le fond des montagnes. Ces trois individus nous offrent deux types bien distincts; l'un grand et élancé, et l'autre petit et trapu. Costumes et physionomies.



A



B



R. TORII.

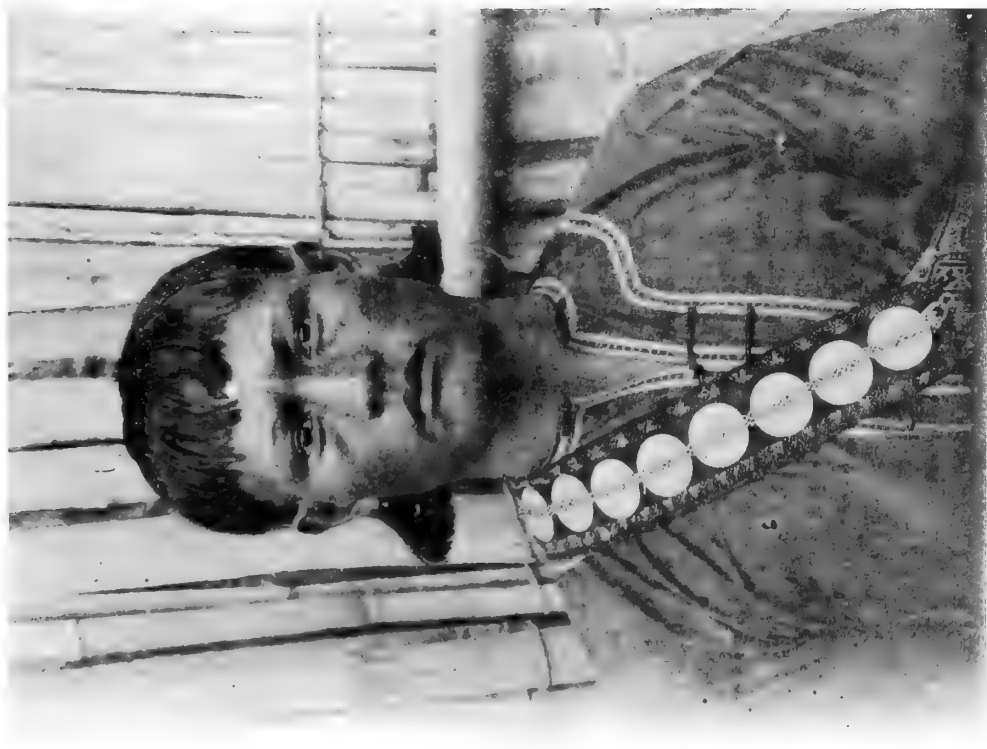
LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE LVI.

Explication de la Pl. LVI.

VII. Tribu Pyouma.

- A.** Jeune sauvage Pyouma. Costume et physionomie.
- B.** Le même vu de profil. Les cheveux sont coupés droit sur le front et laissés longs derrière la tête. Cette façon de porter les cheveux, est commune aux Pyouma, aux insulaires de Botel-Tobago et à ceux des îles Philippines, mais avec une légère variante.



A



B

R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE LVII.

Explication de la Pl. LVII.

VII. Tribu Pyouma.

- A.** Beau type de jeune homme Pyouma vu de profil.
- B.** Le même vu de face.



A



B

R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE LVIII.

Explication de la Pl. LVIII.

VII. Tribu Pyouma.

- A.** Paragouan ou Maison du conseil du village de Tchipon, chez les Pyouma, élevé sur pilotis, à six ou sept pieds du sol. C'est l'édifice (?) le plus haut et le mieux conditionné qu'il y ait chez les Pyouma et chez tous les autres sauvages.
- B.** Quatre femmes Pyouma abritées sous le Paragouan. Types de cette tribu. Costumes.



A



B

R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE LIX.

Explication de la Pl. LIX.

VIII. Tribu Ami, Groupe Central.

- A.** Deux hommes d'un village, dans le voisinage du bourg chinois de Bokusekikakou, en costume ordinaire. Beau type d'Ami.
- B.** Hommes du même village.



A



B



R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE LX.

Explication de la Pl. LX.

VIII. Tribu Ami, Groupe Central.

- A.** Trois individus du même village. Le premier à gauche, a de 25 à 26 ans; celui de droite, de 20 à 22 ans, et celui du milieu, de 17 à 18 ans.

VIII. Tribu Ami, Groupe du Nord.

- B.** Homme Ami au dessus de 40 ans, de la plaine du Kilaï. Les personnes déjà âgées coupent leurs cheveux très courts. Hommes et femmes fument beaucoup.



A



B



R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE LXI.

Explication de la Pl. LXI.

VIII. Tribu Ami, Groupe Central.

- A. Village Ami. Tous les villages situés entre Pilam chez les Pyouma, et Bokousekikakou chez les Ami, ont le même aspect. Ils sont tous entourés d'une plantation continue de bambous. Les maisons, plus ou moins groupées, sont couvertes en roseaux "Kaya"; les "murs" sont en bambous et le parquet en rotins assemblés. Chaque maison a devant et derrière une plantation de Bétel et d'autres arbres. Le magasin à vivres est indépendant du corps de logis.

VIII. Tribu Ami, Groupe du Nord.

- B. Trois femmes Ami de Kilaï décortiquant le grain. Pilon, mortier et plateau tressé pour recueillir le grain qui tombe du mortier, sont identiques chez ces barbares et chez les indigènes des îles Malaises et des Philippines. Les femmes font les gros ouvrages et les hommes chassent. A gauche, type d'homme Ami. Costumes.



A



B



R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE LXII.

Explication de la Pl. LXII.

VIII. Tribu Ami, Groupe du Nord.

- A. Chef Ami d'un village des environs du bourg de Tapalong, en chasse.
- B. Autre chef Ami chassant avec une lance.
- C. Jeune homme Ami de la plaine du Kilaï.
- D. Enfants de Kilaï. Hommes et femmes portent tous les fardeaux sur la tête. De distance en distance, le long des sentiers, il y a des sortes d'étagères à hauteur de la tête, pour permettre d'y déposer les fardeaux et de se reposer.



A



B



C



D

R. TORII.

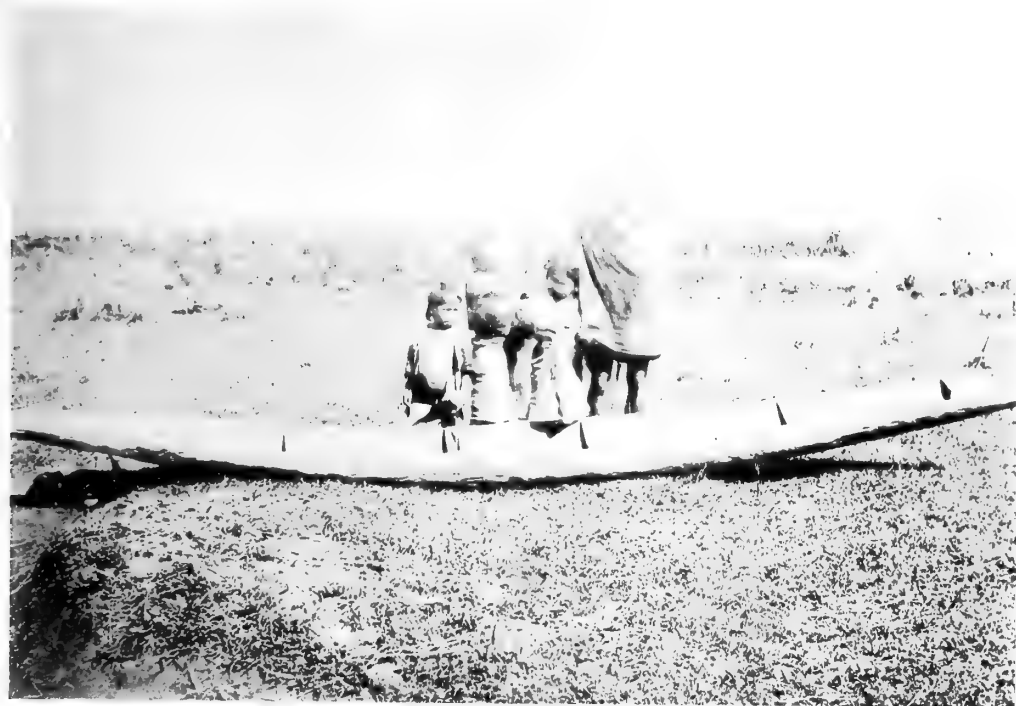
LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE LXIII.

Explication de la Pl. LXIII.

VIII. Tribu Ami, Groupe du Nord.

- A.** Village de Lidaou dans la plaine du Kilaï.—Un des trois canots sacrés.—La tradition rapporte que les ancêtres de ce village ont abordé en canots sur la côte. En souvenir de ce fait, chaque année, il y a de grandes fêtes où le canot joue un grand rôle. La pirogue ici représentée n'est certainement pas un des canots des aïeux, car; il ne date guère que d'une cinquantaine d'années.
- B.** Potiers chez les "Amis". Les villages de la plaine du Kilaï et ceux situés au sud de Tapalong et de Miōkō, sont les seuls qui se livrent à l'industrie de la poterie, chez les Ami. Ce sujet de la poterie chez les Ami, a été traité très au long dans le fascicule 135 du Bul. de la Soc. anthr. de Tōkyo, sous le titre: Industrie de la poterie chez les sauvages Ami de l'Est de Formose.



A



B

R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE LXIV.

Explication de la Pl. LXIV.

VIII. Tribu Ami, Groupe du Nord.

- A. Les trois individus à droite, sont des hommes, et les deux à gauche, sont des femmes. Maison de la plaine du Kilaï, magasin et basse-cour. Les arbres du fond sont des arbres à bétel; les deux autres sur le devant, sont des arbres à pain. (bread-tree). A Formose, on ne trouve l'arbre à pain qu'ici, et la tradition raconte que ce sont les ancêtres qui l'apportèrent de leur patrie d'origine, avec quelques autres arbres fruitiers.

VIII. Tribu Ami, Groupe du Sud.

- B. Ce groupe est enclavé très au Sud, ou milieu des Paridja-ridjaou. Ces barbares se disent originaires des environs de Pilam, et sont soumis aux Paridja-ridjaou. Le 4^{me} individu du premier banc, est le gouverneur Paridja-ridjaou. Tous les autres sont des Ami, et tous sont en costume de bal, prêts pour la danse.



A



B

R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE.

PLANCHE LXV.

Explication de la Pl. LXV.

IX. Tribu Yami.

- A.** Ces sauvages se donnent aussi le nom de: "Gourou-gourou sera" c'est à dire: "Hommes (sera) qui ont les cheveux taillés en rond." Les Ami, les Pyouma, les Tsarisènes, les Païwan, etc... se coiffent aussi à peu près de cette façon, ainsi que les insulaires des îles Batanes dans le nord des Philippines. Les Yami habitent l'île de Botel-Tobago. Type d'homme Yami.
- B.** Trois femmes Yami. Physionomie et... costume?



A



B

R. TORII.

LES ABORIGENES DE FORMOSE,

PLANCHE LXVI.

Explication de la Pl. LXVI.

IX. Tribu Yami.

- A.** Jeune homme Yami vu de face.
- B.** Vieillard Yami vu de face.
- C.** Femmes et filles Yami de Botel-Tobago.



A



B



C



ol. XXVIII., Art. 6, published December 23rd, 1910.

Price in Tokyo, Yen 2.60

This Journal is on sale at

Z. P. MARUYA & Co., Ltd.

TORI SANHOME, NIHONBASHI, TOKYO.

GEISER & GILBERT.

KAJICHO 23, TOKYO; MAINSTREET 52, YOKOHAMA;

R. FRIEDLANDER & SOHN,

CARLSTRASSE 11, BERLIN N. W.

明治四十三年十二月二十日印刷
明治四十三年十二月二十三日發行

編輯兼發行者 東京帝國大學

印刷者

東京市日本橋區兜町二番地

神谷 岩次郎

印刷所

東京市日本橋區兜町二番地

東京印刷株式會社

賣捌所

東京市日本橋區通三丁目十四番地

丸善株式會社書店

NOTICE



Vol. XXVIII. Articles already published:—

- Art. 1. M. MIYOSHI:—Botanische Studien aus den Tropen. *Hierzu 3 Tafeln.*
Publ. June 13th, 1910.
- Art. 2. T. SUZUKI:—The Change of Cobaltous into Cobaltic Nitrite. Publ. July
12th, 1910.
- Art. 3. Y. SHIBATA:—The Action of the Grignard Reagent on Camphoric and
Isocamphoric Esters. Publ. July 15th, 1910.
- Art. 4. H. NAKANO:—Lebensgeschichte der Stengel-Bulbillen einiger Angio-
spermen. *Mit 3 Tafeln.* Publ. November 13th, 1910.
- Art. 5. Under press.
- Art. 6. R. TORII:—Etudes Anthropologiques. Les Aborigènes de Formose.
Publ. December 11th, 1910.

April 3rd, 1911.

Vol. XXVIII., Art. 7.

東京帝國大學
理科大學紀要

第貳拾八冊第七編

JOURNAL
OF THE
COLLEGE OF SCIENCE,
IMPERIAL UNIVERSITY OF TOKYO.

S. HIRAYAMA.

Results of the Harmonic Analysis of Tidal
Observations made at Various
Ports of Japan.

TOKYO.

PUBLISHED BY THE UNIVERSITY.

MEIJI XLIV.

Publishing Committee.



Prof. **J. Sakurai**, LL. D., *Rigakuhakushi*, Director of the College, (*ex officio*).

Prof. **I. Ijima**, Ph. D., *Rigakuhakushi*.

Prof. **F. Ōmori**, *Rigakuhakushi*.

Prof. **S. Watase**, Ph. D., *Rigakuhakushi*.



All communications relating to this Journal should be addressed to the
Director of the College of Science.

CONTENTS.

	PAGE.
Introduction	1
The Sites of the Observatories	3
Description of a Tide Observatory	5
Tide-Gauges	6
Sun-Dial	8
The Duties of the Clerk	8
Height of the Zero-Point of the Instruments... ..	9
The Determination of the Distance of the Surface below the Zero- Point	10
The Working Scale of the Instruments	15
Preparation of the Marigram for Reduction	15
Harmonic Analysis	16
The Results of the Analysis	17
Takaw... ..	19
Kiirun... ..	21
Fukabori	24
Hosojima	28
Tonoura	31
Kobe	34
Kushimoto... ..	37
Wajima	41
Aburatsubo... ..	44
Yokohama	47
Iwasaki	50
Ayukawa	53
Otaru	57
Hanasaki	59
Mean Values of Harmonic Constants	62

Results of the Harmonic Analysis of Tidal Observations Made at Various Ports of Japan.

By

S. Hirayama, *Rigakuhakushi.*

With 28 Plates.

Introduction.

In the following pages are given the harmonic constants of the tides, derived from the marigrams or records of the direct readings of the height of the water at the observing stations provided by the Land Survey Department of the Army or by the Temporary Offices for constructing the harbours at the ports of Yokohama and Kobe. Some descriptive information about the stations and the work is also given.

Before the present work was undertaken exact knowledge about the tides along the coasts of our country was very meagre, and although some observations, both automatic and personal, had been taken, the harmonic constants of the tides, deduced, as they must be, from a long series of observations, were entirely wanting. To fill up this deficiency, I first tried to reduce some observations made at the port of Yokohama as an experiment, and the work of computation was carried on by the members of the Tokyo Astronomical Observatory under my supervision.

As the scheme proved successful, in order to carry it on further, with economy of labour and cost, I proposed to the Geodetic

Committee that it should take up this work in an extended form. Fortunately the Committee approved my proposition, and the work was begun in 1900 under my superintendence.

The method of analysing is entirely that of Prof. Darwin. At first, in order to reach the final results with the least labour and smallest expense, his various methods were tried, and for some of them the clerical labour was reduced by the use of the Japanese abacus (a simple calculating machine). The method of stencils, used in conjunction with the abacus, seemed promising, especially when modified into the form drawn on tracing paper. But finally I came to the conclusion that the last method by Prof. Darwin is the most convenient, and it alone has been used.

Although the work is done by the Geodetic Committee, the Committee has no tidal observatory. Thus at the beginning of the work the material was borrowed from the Land Survey Department. At that time, the number of tidal observatories was not so large as we have now. By and by more observatories were established and our work became necessarily extended. In the course of nearly ten years the frequent changes of the computers made the progress of the work quite slow.

This work relates only to the measurements of the marigrams and their reductions, and we are not concerned at all with the construction of the tidal observatories and the setting of the tide-gauges therein, nor with the operations of the observatories. But for the sake of convenience, some remarks on these matters are included in the present Report, and for these we are indebted to the information kindly supplied by the authorities of the observatories.

As the superintendent of the work, I desire to express my sincere thanks to the following gentlemen who kindly supplied

the material:—General Baron Fujii, formerly director of the Land Survey Department, General Okubo, the present director of the Land Survey Department, General Tasaka, formerly head of the Triangulation Department, Mr. Sugiyama, surveyor in the Land Survey Department, Mr. Niwa, the head of the temporary office for constructing the harbour at Yokohama, and Mr. Saito, the head of the temporary office for constructing the harbour at Kobe.

Among others, Messrs. Naozo Ichinohe, Masao Hashimoto, Shozaburo Tashiro, Kiyohiko Ogawa and Sakae Nasa rendered efficient service in the progress of this work, and it is my pleasure to acknowledge their valuable assistance. I here express my special thanks to Mr. Ichinohe, who has arranged the material and written the present report. Above all, I am very much obliged to Prof. Terao, the president of the Geodetic Committee, who showed continuous interest in the progress of the work.

The Sites of the Observatories.

At present, there are two permanent observatories on the coast of Hokkaido, one of them on the coast of the Pacific Ocean and the other on that of the Japan Sea, six permanent observatories and two temporary ones along the coast of Honshu, three of them on the Pacific coast, one of them on the coast of the Seto Inland Sea and the remaining four on the coast of the Japan Sea; none along the coast of Shikoku; two permanent observatories on the coast of Kyushu, one of them facing the Pacific Ocean and the other the Eastern Sea, and also two permanent observatories on the coast of Taiwan (Formosa), one of them facing the Eastern Sea, and the other the China Sea. Thus classifying the sites

according to the sea on the coast of which the observatory is placed, we have the following summary:—

The Pacific: Hanasaki, Ayukawa, Yokohama, Aburatsubo, Kushimoto, and Hosojima.

The Japan Sea: Otaru, Iwasaki, Wajima, and Tonoura.

The Seto Inland Sea: Kobe.

The Eastern Sea: Fukabori and Kiirun (Keelung).

The China Sea: Takaw (Takow).

These sites were selected by the Land Survey and other Departments after careful investigation, having regard to the following points: ready communication with the sea, deep water at low tides, shelter from storms, freedom from freshets, and non-proximity to the head of a bay or tidal river, in order to represent well the states of the tides in a considerable area. For the two temporary observatories, the selection of the sites was limited to finding the part where the water is comparatively calmest in the port. The distribution of these fourteen sites is indicated in the accompanying map, Plate I, and the approximate geographical co-ordinates of these observatories are given in the following table.

Observatory	Long. E.	Lat. N.
Takaw	120° 16'	22° 37'
Kiirun	121 45	25 9
Fukabori	129 49	32 41
Hosojima	131 40	32 25
Tonoura.....	132 4	34 55
Kobe	135 11	34 41
Kushimoto	135 46	33 28
Wajima	136 54	37 24
Aburatsubo	139 37	35 10
Yokohama.....	139 38	35 27

Observatory	Long. E.	Lat. N.
Iwasaki	139° 54'	40° 35'
Ayukawa	141 31	38 18
Otaru	141 1	43 13
Hanasaki	145 35	43 17

Among these observatories, there are a few whose sites have been changed, because of some trouble that was found after the work of registering was begun, or for some other reason. With respect to these, the special reasons will afterwards be given, when we describe about each station.

All these observatories, except the two temporary ones at Yokohama and Kobe, belong to the Land Survey Department and are permanent in character.

Description of a Tide Observatory.

According to the information received from the Land Survey Department, the construction of the observatories and the instruments set in them are the same in their general features at each place, and only slight modifications are made to suit the sites selected. Thus the description of one observatory will be given as a specimen. As the writer had the opportunity of visiting the observatory at Aburatsubo, it is chosen here for description.

The tide observatory at Aburatsubo is built of brick and lined with wood inside. Its size is very small, leaving only a space of forty square feet inside, and it is divided into two parts. One of them is larger, measuring about twenty-five square feet, and serves as the instrument room. The other portion is considerably smaller and serves as the clerk's office. The outer doors open into the clerk's room and when we open another pair of doors opposite to them, we are admitted into the instrument room. As that

room has two small windows, one at each side, the interior is sufficiently lighted to examine or adjust the instrument and change the sheet, even when the front doors are closed. The clerk is advised not to leave both pairs of doors open at the same time. The foundation of the building is of stone and it rests also on the hard rock. The height of the floor is about two metres above the surface of the sea at the highest high tide, and the cylinder in the centre of the building, in which the float makes vertical motion according to the state of the sea water, communicates with the sea by means of a tube, far below the low tides. The bottom of the cylinder itself is about five metres below the floor. The mouth of the tube opens just outside the building.

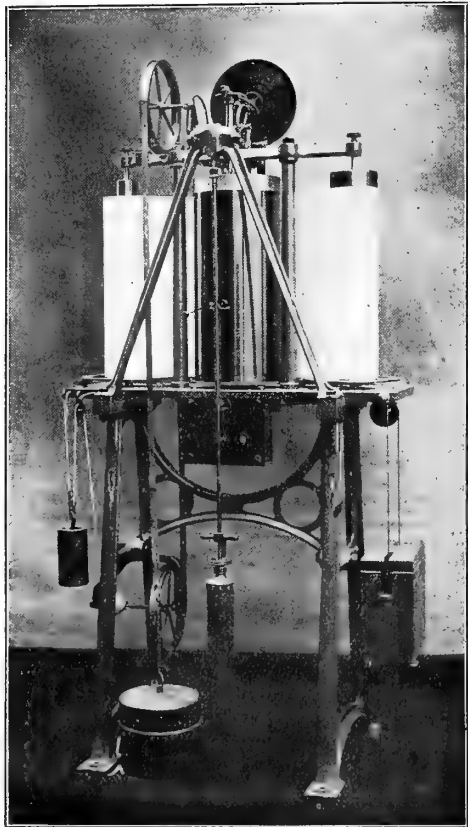
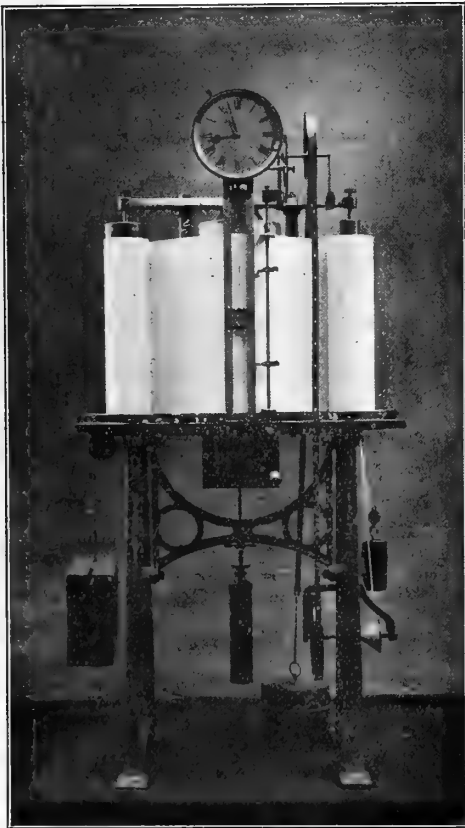
Very near the building there is a tide-staff made of stone and graduated to every decimetre. This is easily read, so that a comparison of the level of the water outside and inside the cylinder can be readily made; this will also be used to record the heights of the water when an interruption in the working of the tide-gauge occurs.

Only a little further from the building there is a benchmark, which is connected with the precise levelling of the whole Survey of the country. The height of the zero-point of the instrument is accurately determined with reference to this mark, and it is frequently checked.

Tide-Gauges.

All the tide observatories, except that at Yokohama, are provided with self-registering tide-gauges of some kind. For those belonging to the Land Survey Department of the Army, the instruments are of the improved form by Sir W. Thomson (Lord Kelvin), and they are constructed by Troughton and Simms. The instrument

at the station of Kobe is of a different type, having the drum horizontal, and was constructed by Bailey and Co. At the port of Yokohama a tide-staff graduated in *shaku* and *sun* is vertically fixed at a place where the water is very calm, and the direct readings of the heights of the water are taken every hour. The instruments of the improved form by Sir W. Thomson are so well known that there is no need to describe them in detail. So only two photographs are inserted here. These instruments are well constructed,



and although they have been in use since the first establishment of these observatories, they are still in good order, and give little trouble.

The approximate scale of the Thomson instruments is one twentieth, and that of the Kobe one is of one twelfth. But more exact scales are determined by comparing the readings of the water outside and inside the cylinder.

Sun-Dial.

In general, the tide observatory is situated at a locality where it is quite difficult to obtain the correct time, as the place is far from a post-office or railway. A simple sun-dial is therefore provided for the clerk from the Land Survey Department, with a table of the equation of time, which is so modified that, when we apply the correction to the observed time, the central standard time or the western standard time will be obtained.

The sun-dial may be described as follows. A rectangular piece of wood having parallel surfaces is taken, and on it a line is marked. At one end of this line a vertical rod is fixed and the other end of the horizontal line is connected with the upper extremity of this rod by a fine thread, so adjusted that the thread lies in the plane defined by the horizontal line and a vertical line erected at a point in the line. This instrument is used on a stand made for the purpose; it is a large stone having a plane surface. The surface is carefully levelled and on it a meridian line is marked. The clerk observes the transit of the sun over the meridian with this instrument.

The Duties of the Clerk.

As the writer is informed, the clerk has the duty of visiting the observatory twice in a day. He examines every part of the instrument and whether the recording is going on without hindrance. He takes the necessary care to put the instrument in

smooth running and good order. He records the comparison of the clock indication with the correct time. The height of the water is read from the tide-staff in order to obtain the working scale of the instrument.

Besides these duties, he observes the temperature of the atmosphere and the sea-water, and estimates the strength of the wind and its direction, when he visits the observatory.

The sheet is changed once in every ten days and the clerk draws on it the time lines at which he visited the observatory. The marigrams so prepared, with the other records and necessary remarks, are sent in to the Land Survey Department every tenth day.

Height of the Zero-Point of the Instruments.

The precise levelling in our country is carried on by the Land Survey Department of the Army, by comparing the heights of all the survey points with the fundamental datum in the garden of the Department. The height of the datum is referred to the mean sea-level observed in the Bay of Tokyo and the value adopted at present is 24.500 metres.

The heights of all the bench-marks about the tide observatories are referred to the mean sea-level of the Bay of Tokyo by means of successive comparisons with the datum at the Land Survey Department. The height of the instrumental zero-point is determined from the comparison of it with that of the bench-mark. Thus, in order to know the heights of the zero-points, referred to the mean sea-level of the Bay of Tokyo, we gathered the necessary constants for all the stations, as in the following table. There H_1 represents the height of the bench-mark referred to the mean sea-level of the Bay of Tokyo; H_2 the height of the zero-point of the

instrument referred to the bench-mark, and in this column the positive sign indicates that the bench-mark is lower than the zero-point, and the negative the contrary. In the column H_0 the sum of H_1 and H_2 is given; obviously it is the required height of the zero-point of the instrument, referred to the mean sea-level of the Bay of Tokyo.

Station	H_1	H_2	H_0
Takaw	—	—	—
Kiirun	—	—	—
Fukabori	^m 3.047	^m 1.164	^m 4.211
Hosojima.....	2.526	1.740	4.266
Tonoura	2.792	1.125	3.917
Kobe	—	—	—
Kushimoto	3.333	0.515	3.848
Wajima.	2.704	1.239	3.943
Aburatsubo.....	3.635	−0.039	3.596
Yokohama	—	—	−1.477
Iwasaki	3.244	2.229	5.473
Ayukawa.....	2.769	0.759	3.528
Otaru	—	—	—
Hanasaki.....	—	—	—

The Determination of the Distance of the Surface below the Zero-Point.

The tide-gauge is provided with two pencils, besides the one which actually draws the tidal oscillations; we can easily see them at the right-hand side of the right-hand scale in the figure of the instrument. Of course, these pencils may be moved up or down as much as we please, so that to adjust the distance between them. In this way, when the clock starts, the two straight lines which

they draw will appear on the sheet beside the tidal curve. Generally, the positions of the pencils are so adjusted that the curve is wholly included between these two lines. The measurement of the marigram is made downwards from the upper line, so that when the number is large the tide is lower, and when it is smaller the tide higher. Now if we wish to know the actual distance of the sea-water from the zero-point of the instrument, at a given time, we must determine the actual position of the line to which the upper datum line on the sheet corresponds. In order to accomplish this, the following arrangement is provided for the tide observatories belonging to the Land Survey Department. A board is placed at a fixed level between the zero-point of the instrument and the surface of the water. Every few days, the float is slowly drawn up until the bottom of the float is just above the upper surface of the board. Of course, while this process is going on, the registering pencil makes a corresponding vertical motion and finally marks the whole amount of displacement of the bottom of the float. If we measure the distance between the final mark and the curve at a given time, it will be the distance on the reduced scale corresponding to the actual distance between the upper surface of the board and the sea surface *plus* the sink of the float. Then the distance of the sea surface in the cylinder from the zero-point of the instrument will be determined if we know the distance between the zero-point and the upper surface of the board. We have accordingly gathered the necessary constants below, where D represents the distance between the zero-point and the upper surface of the plank, and S the amount of the sink of the float.

Takaw.

	$\frac{D}{m}$	$\frac{s}{m}$
1904	1.559	0.153
1905	1.559	0.153

Kiirun.

1905	0.849	0.097
1906	0.849	0.097
1907	0.849	0.098
1908	0.849	0.098

Fukabori.

1897	1.442	0.098
1898	1.442	0.098
1899	1.442	0.098
1901	1.447	0.098
1905	1.447	0.098

Hosojima.

1895	1.563	0.109
1896	1.563	0.109
1897	1.559	0.109
1906	1.559	0.109

Tonoura.

1895	1.536	0.122
1896	1.536	0.122

Tonoura.

	D _m	S _m
1901	1.536	0.122
1902	1.536	0.122
1903	1.536	0.122
1904	1.534	0.122

Kushimoto.

1897	1.474	0.100
1898	1.474	0.100
1899	1.474	0.100
1904	1.431	0.106
1905	1.431	0.106

Wajima.

1901	1.751	0.112
1902	1.751	0.112
1903	1.742	0.112
1904	1.742	0.113
1905	1.742	0.113

Aburatsubo.

1895	1.563	0.107
1896	1.563	0.107
1897	1.563	0.107
1898	1.563	0.107
1904	1.563	0.107

Iwasaki.

	D <i>m</i>	S <i>m</i>
1902	1.569	0.114
1903	1.568	0.114
1904	1.568	0.115
1905	1.568	0.115
1906	1.568	0.115
1907	1.568	0.115

Ayukawa.

1894	1.680	0.125
1895	1.680	0.125
1903	1.563	0.131
1904	1.563	0.131
1906	1.531	0.062

Otaru.

1902	1.398	0.092
1903	1.398	0.094

Hanasaki.

1897	1.270	0.083
1899	1.270	0.083
1900	1.200	0.083
1901	1.195	0.083
1902	1.195	0.083

The Working Scale of the Instrument.

As we have already stated, the approximate scale of the instruments at the permanent observatories is one-twentieth; but the following exact values of the working scales were obtained by the members of the Land Survey Department:—

Takaw.....	$\frac{1}{20.09}$	Wajima.....	$\frac{1}{19.95}$
Kiirun	$\frac{1}{20.04}$	Aburatsubo	$\frac{1}{20.06}$
Fukabori.....	$\frac{1}{20.08}$	Iwasaki	$\frac{1}{20.11}$
Hosojima	$\frac{1}{20.08}$	Ayukawa	$\frac{1}{20.12}$
Tonoura	$\frac{1}{20.00}$	Otaru	$\frac{1}{20.41}$
Kushimoto.....	$\frac{1}{20.13}$	Hanasaki.....	$\frac{1}{20.03}$

Preparation of the Marigram for Reduction.

The tide-gauges have pins round the drum both at the top and the bottom. These pins, perforating the sheet, mark the beginning of each hour and carry the sheet forward as the drum revolves. The perforations thus made in the sheet are used as hour marks, but as the clock rate is not uniform, the due correction is applied to draw the hour lines. This preliminary operation being made, the measurement of the height of the water is performed for each hour. To ensure that the records are free from mistakes, the same marigram was measured by two independent computers and their readings were carefully compared together. When these agree well within the error of measurement, one of them is taken for the further reduction and the other is preserved for future reference. Of course, in case one measurement differs too much from the other the marigram is again measured to rectify the mistake of the reading. For the measurement, a scale which is two decimetres long

graduated to half millimetres, is used, so that when we estimate each division to its tenth part, the actual height of the water is measured to a millimetre. But as one-twentieth is only the approximate value of the scale of the instrument, it is necessary to multiply the reading by the ratio, the assumed scale by the working scale, in order to obtain the true height of the water. In our case, we did not multiply each reading by this ratio, as our object was to derive the harmonic constants and the mean sea-level; so only the results of the analysis are reduced to the working scale.

The measurements on the marigrams provided by the temporary office for constructing the harbour of Kobe are different from the above, as the curve is drawn on a sectioned paper, properly scaled in hours and feet. The height of the water is read here to the one-hundredth part of a foot.

The observations at the port of Yokohama were read to the one-tenth part of a *shaku*.

All these results are entered in the form S. Each series of S-sheets begins at the beginning of each corresponding year and extends to the end of the year.

Harmonic Analysis.

The method of analysis is entirely that of Professor George H. Darwin: the reduction forms are made according to him. The rearrangements of the observed heights from the form S for variety of time to be reckoned for have been made by means of strips with short pins on their under sides, so that they can be stuck on to a drawing board in any desired position, according to the guide sheets prepared by Professor Darwin. In this work the Japanese abacus, a very simple but exceedingly convenient computing

machine, did good service in the addition. Harris's "Manual of Tides," and especially the tables at the end of each volume, were also consulted with great advantage.

In our case, the number of waves on which harmonic analysis are made is limited to twenty-eight, and these are as follows:—

$S_1, S_2, S_4, S_6, M_1, M_2, M_3, M_4, M_6, O_1, K_1, K_2, P_1, J_1, Q_1, L_2, N_2, \mu_2, \nu_2, R_2, T_2, MS, 2SM, Mm, Mf, MSf, Sa,$ and Ssa ; namely,

6 semi-diurnal lunar tides,

5 diurnal lunar tides,

3 long period lunar tides,

3 semi-diurnal solar tides,

2 diurnal solar tides,

2 long period solar tides,

5 overtides,

and 2 compound tides.

The Results of the Analysis.

The results of the harmonic analysis are given in detail in the following tables. Here the results at each station are described in a separate table. The arrangement of the tables will be understood by the explanations below. First, a map of the ground surrounding the tidal observatory is attached at the end of the report, which is generally a reproduction from the hydrographic chart of the Hydrographic Department of the Navy. In it the exact location of the observatory is clearly marked. The scale of these maps is not uniform, as we wished to give a general idea of each station and this made it necessary to change the scale to suit the conditions of each place. Next, short notes relating to the station are made, including the mean sea-level derived from each series and referred to the zero-point of the instrument.

In the tables following the notes, the amplitude and the phase constant of each component of tides are given for each year-series. So far the values of the amplitude and the mean sea-level are measured by the assumed scale, for the series of the observations made by the Land Survey Department. But the material provided by the temporary offices for constructing the harbours at Yokohama and Kobe has been converted into the metric system.

Finally specimens of the marigrams at high and low water are appended; these are four in number, the first two showing the highest high and lowest low water, and the latter two the tides of the largest and smallest range.

In pp 62-67, we gave the mean values of the amplitude and the phase constant for each station, and here the former is reduced to the working scale. In these tables, the second row shows the number of years on which the mean values rest.

TAKAW.

Long. $120^{\circ} 16'$ E. Lat. $22^{\circ} 37'$ N.

This is one of the permanent observatories in the island of Formosa, belonging to the Land Survey Department of the Army, and the site was chosen at the northern side of the bay and at the mouth of it, as indicated in the accompanying map. The first registration of the height of the water was made on the first of November, 1903, and since then continuous observations have been carried on without serious trouble.

The instrument is Thomson's self-registering tide-gauge and the scale is nearly one-twentieth.

At present, only the reductions for the two years, 1904 and 1905 are completed.

The highest high-water recorded in these two years was 2.61^m , referred to the zero-point of the instrument, and it occurred on July 17, 1904. The lowest low-water recorded was 4.04^m , referred to the same origin and occurred on December 26, 1905. Thus the extreme range is 1.43 metres.

The height of the mean sea-level, referred to the zero-point of the instrument, is obtained as follows for each series:—

1904	3.382^m
1905	3.424

Harmonic Constants at Takaw.

T I D E	1 9 0 4		1 9 0 5		T I D E
	H	κ	H	κ	
S_1	^m 0.0062	52.21	^m 0.0028	81.87	S_1
S_2	0.0615	248.44	0.0631	246.65	S_2
S_4	0.0005	11.31	0.0003	270.00	S_4
S_6	0.0002	116.57	0.0006	135.00	S_6
M_1	0.0084	273.99	0.0108	248.68	M_1
M_2	0.1526	244.94	0.1538	241.37	M_2
M_3	0.0028	243.91	0.0024	266.24	M_3
M_4	0.0006	212.73	0.0012	229.66	M_4
M_6	0.0018	44.38	0.0020	33.80	M_6
O	0.1505	256.63	0.1513	255.84	O
K_1	0.1569	296.26	0.1540	293.71	K_1
K_2	0.0190	255.66	0.0138	257.67	K_2
P	0.0518	293.70	0.0524	288.56	P
J	0.0047	321.39	0.0045	298.70	J
Q	0.0275	239.50	0.0308	249.73	Q
L	0.0027	235.89	0.0100	206.26	L
N	0.0337	237.00	0.0343	237.61	N
ν	0.0108	297.75	0.0095	233.67	ν
μ	000.35	149.05	0.0015	171.77	μ
R	0.0016	285.95	0.0016	203.72	R
T	0.0066	202.05	0.0035	260.17	T
MS	0.0063	225.52	0.0055	225.51	MS
2SM	0.0029	272.35	0.0025	234.48	2SM
Mm	0.0130	329.35	0.0109	6.82	Mm
Mf	0.0098	296.21	0.0049	39.65	Mf
MSf	0.0050	36.72	0.0106	335.19	MSf
Sa	0.1445	149.26	0.0941	144.49	Sa
Ssa	0.0343	323.61	0.0109	20.76	Ssa

KIIRUN.

Long. $121^{\circ} 45' \text{ E.}$, Lat. $25^{\circ} 9' \text{ N.}$

As one of the permanent observatories in the island of Formosa, it is placed on the western side of Sharyo-To, an islet at the mouth of the harbour of Kiirun. This observatory was originally established by the government of Formosa, and was afterwards transferred to the Land Survey Department.

The instrument here used is also Thomson's tide-gauge.

The first registration took place on May 13, 1904, and the recording has gone on continuously since that date. The harmonic analysis is applied to the series obtained in the years 1905, 1906 and 1907.

The highest high-water recorded was 2.19, referred to the zero-point of the instrument, and occurred on November 13, 1906. The lowest low-water was 4.00, referred to the same origin, and occurred on January 1, 1908. Thus the extreme range of the tides is 1.81 metres.

The height of the mean sea-level, based on the marigrams obtained in each year, is derived as follows, the values being referred to the zero-point of the instrument:—

1905	3.099 ^m
1906	3.048
1907	3.047
1908	3.040

Harmonic Constants at Kiirun.

T I D E	1 9 0 5		1 9 0 6		T I D E
	H	κ	H	κ	
S ₁	^m 0.0040	^o 100.18	^m 0.0042	^o 105.02	S ₁
S ₂	0.0532	281.06	0.0513	279.32	S ₂
S ₄	0.0015	331.70	0.0016	317.49	S ₄
S ₆	0.0003	180.00	0.0008	66.80	S ₆
M ₁	0.0096	178.26	0.0063	263.39	M ₁
M ₂	0.1957	286.57	0.1885	290.73	M ₂
M ₃	0.0066	181.96	0.0056	180.07	M ₃
M ₄	0.0092	292.06	0.0091	304.06	M ₄
M ₆	0.0035	238.78	0.0034	258.83	M ₆
O	0.1533	204.28	0.1525	206.81	O
K ₁	0.1857	227.61	0.1865	229.90	K ₁
K ₂	0.0145	267.50	0.0115	258.94	K ₂
P	0.0621	225.68	0.0571	227.23	P
J	0.0104	243.08	0.0108	244.92	J
Q	0.0319	192.78	0.0315	192.88	Q
L	0.0141	16.19	0.0126	8.05	L
N	0.0543	264.86	0.0485	267.11	N
ν	0.0212	272.50	0.0065	253.14	ν
μ	0.0252	155.83	0.0258	150.55	μ
R	0.0077	150.22	0.0053	205.01	R
T	0.0050	270.94	0.0050	281.12	T
MS	0.0141	292.06	0.0144	301.62	MS
2SM	0.0074	245.36	0.0055	268.32	2SM
Mm	0.0156	36.20	0.0104	295.80	Mm
Mf	0.0131	136.90	0.0160	41.45	Mf
MSf	0.0043	96.50	0.0092	2.80	MSf
Sa	0.0795	135.07	0.1391	124.64	Sa
Ssa	0.0290	235.00	0.0109	346.37	Ssa

Harmonic Constants at Kiirun.

TIDE	1907		1908		TIDE
	H	κ	H	κ	
	m	o	m	o	
S ₁	0.0052	86.70	0.0061	74.83	S ₁
S ₂	0.0493	282.77	0.0502	280.91	S ₂
S ₄	0.0011	344.74	0.0017	327.26	S ₄
S ₆	0.0003	90.00	0.0000	90.00	S ₆
M ₁	0.0080	231.77	0.0134	238.68	M ₁
M ₂	0.1905	291.47	0.1895	292.31	M ₂
M ₃	0.0059	172.98	0.0051	164.20	M ₃
M ₄	0.0087	300.90	0.0085	302.23	M ₄
M ₆	0.0033	272.67	0.0035	252.91	M ₆
O	0.1511	204.47	0.1553	203.34	O
K ₁	0.1826	231.42	0.1848	230.29	K ₁
K ₂	0.0141	269.29	0.0137	274.97	K ₂
P	0.0598	231.18	0.0626	229.21	P
J	0.0094	246.91	0.0084	254.34	J
Q	0.0305	189.79	0.0306	185.49	Q
L	0.0075	26.77	0.0116	56.35	L
N	0.0506	263.07	0.0517	232.15	N
ν	0.0104	337.54	0.0203	314.77	ν
μ	0.0237	150.39	0.0288	157.92	μ
R	0.0015	106.40	0.0056	220.28	R
T	0.0049	253.36	0.0044	235.87	T
MS	0.0134	301.52	0.0141	298.74	MS
2SM	0.0062	250.80	0.0064	251.83	2SM
Mm	0.0153	104.79	0.0045	28.55	Mm
Mf	0.0166	323.60	0.0074	70.81	Mf
MSf	0.0102	294.27	0.0075	12.96	MSf
Sa	0.1518	139.42	0.1333	140.62	Sa
Ssa	0.0320	343.58	0.0552	284.43	Ssa

FUKABORI.

Long. $129^{\circ} 49'$ E., Lat. $32^{\circ} 41'$ N.

This is one of the permanent observatories belonging to the Land Survey Department of the Army and is located on the western coast of the island of Kyushu, not very far from the port of Nagasaki. The coast line in this region is very irregular and forms a bay, which has the city of Nagasaki at its head. The observatory is not in the bay itself, but as there are many islands almost closing the mouth of the bay, the sea about the observatory makes a channel.

The first observatory was established very near the present location and from June 1, 1891, to January 1, 1895, continuous registration was tried, but as the pipe was very frequently choked with mud, it was thought that the marigram obtained there probably did not represent the true state of the sea-level.

The building was therefore moved to the present site and the first registration at it took place on April 1, 1895, and since then continuous work has gone on without great hindrance.

We have measured the new series only, and the harmonic constants obtained from the series of the marigrams of 1897, 1898, 1899, 1901, and 1905, are gathered in the present report.

The highest high-water recorded here was 2.17, referred to the zero-point of the instrument, and occurred on September 2, 1905. The lowest low-water recorded was 6.23, referred to the same origin, and occurred on March 30, 1900. Thus the extreme range is 4.06 metres.

The mean sea-level, referred to the zero-point of the instrument, results as follows from each year-series:—

1897	^m 3.986
1898	3.982
1899	3.996
1901	4.017
1905	3.994

Harmonic Constants at Fukabori.

TIDE	1897		1898		1899		TIDE
	H	κ	H	κ	H	κ	
S ₁	^m 0.0020	^o 159.77	^m 0.0020	^o 40.91	^m 0.0016	^o 290.62	S ₁
S ₂	0.3784	267.91	0.3695	266.26	0.3704	267.88	S ₂
S ₄	0.0013	206.57	0.0013	184.40	0.0010	127.60	S ₄
S ₆	0.0005	306.87	0.0006	315.00	0.0008	113.20	S ₆
M ₁	0.0122	170.44	0.0042	94.70	0.0079	233.69	M ₁
M ₂	0.8348	240.43	0.8366	240.64	0.8318	239.13	M ₂
M ₃	0.0095	293.52	0.0110	267.08	0.0100	294.45	M ₃
M ₄	0.0097	339.54	0.0131	338.18	0.0102	338.44	M ₄
M ₆	0.0027	181.96	0.0032	205.05	0.0024	193.24	M ₆
O	0.1953	191.34	0.2025	191.78	0.1948	190.74	O
K ₁	0.2556	212.56	0.2515	213.48	0.2518	212.41	K ₁
K ₂	0.0959	267.46	0.1154	259.35	0.1024	265.00	K ₂
P	0.0826	208.71	0.0896	208.61	0.0768	204.56	P
J	0.0152	233.15	0.0169	226.59	0.0188	225.60	J
Q	0.0431	184.05	0.0394	179.11	0.0391	170.58	Q
L	0.0223	203.15	0.0207	248.85	0.0243	186.86	L
N	0.1630	236.01	0.1544	237.03	0.1348	229.59	N
ν	0.0368	206.21	0.0083	66.99	0.0399	297.30	ν
μ	0.0398	227.66	0.0285	220.73	0.0292	251.23	μ
R	0.0111	79.42	0.0156	214.77	0.0238	235.35	R
T	0.0092	228.47	0.0292	269.15	0.0360	270.87	T
MS	0.0179	215.02	0.0171	225.52	0.0170	216.55	MS
2SM	0.0142	278.83	0.0096	256.46	0.0152	280.02	2SM
Mm	0.0081	241.17	0.0167	10.12	0.0014	122.44	Mm
Mf	0.0103	224.26	0.0058	211.33	0.0114	206.43	Mf
MSf	0.0141	3.60	0.0117	0.60	0.0108	4.34	MSf
Sa	0.1275	147.61	0.1525	148.80	0.1775	143.26	Sa
Ssa	0.0159	12.27	0.0565	71.81	0.0235	251.61	Ssa

Harmonic Constants at Fukabori.

TIDE	1901		1905		TIDE
	H	κ	H	κ	
S ₁	^m 0.0017	^o 302.74	^m 0.0028	^o 237.99	S ₁
S ₂	0.3750	266.24	0.3694	266.35	S ₂
S ₄	0.0014	143.97	0.0029	139.19	S ₄
S ₆	0.0005	143.13	0.0011	254.74	S ₆
M ₁	0.0133	167.56	0.0103	163.44	M ₁
M ₂	0.8371	239.31	0.8318	238.93	M ₂
M ₃	0.0090	259.56	0.0097	296.49	M ₃
M ₄	0.0112	336.35	0.0105	337.04	M ₄
M ₆	0.0039	191.93	0.0032	210.25	M ₆
O	0.1984	189.01	0.1954	189.93	O
K ₁	0.2585	212.02	0.2553	210.36	K ₁
K ₂	0.0974	260.04	0.0986	262.22	K ₂
P	0.0864	206.89	0.0840	205.02	P
J	0.0110	223.05	0.0161	227.17	J
Q	0.0408	180.85	0.0400	187.76	Q
L	0.0222	212.32	0.0310	234.32	L
N	0.1593	233.87	0.1666	231.07	N
ν	0.0463	203.05	0.0458	214.98	ν
μ	0.0390	226.49	0.0371	231.63	μ
R	0.0073	196.28	0.0071	252.10	R
T	0.0230	273.26	0.0265	262.85	T
MS	0.0174	215.16	0.0153	210.98	MS
2SM	0.0170	262.89	0.0161	269.89	2SM
Mm	0.0166	40.38	0.0057	62.38	Mm
Mf	0.0257	173.85	0.0135	133.61	Mf
MSf	0.0219	10.31	0.0046	120.19	MSf
Sa	0.2080	141.19	0.1784	162.17	Sa
Ssa	0.0382	327.17	0.0021	3.72	Ssa

HOSOJIMA.

Long. $131^{\circ} 40' \text{ E.}$, Lat. $32^{\circ} 25' \text{ N.}$

This is one of the permanent observatories belonging to the Land Survey Department of the Army. As will be seen from the accompanying map, it is situated on the coast of the island of Kyushu, facing the Pacific Ocean. More exactly, the observatory is located at the eastern end of the town bearing the same name in a small inlet—Hosojima-Wan. The first registration being made on June 7, 1892, continuous work has gone on without any serious interruption since then.

The series of marigrams obtained in the years 1895, 1906, 1897, and 1906 were harmonically reduced and completed.

The highest high-water recorded here was 2.72, referred to the zero-point of the instrument, and occurred on August 24, 1895. The lowest low water recorded was 5.51, referred to the same origin, and occurred on January 13 of the same year. Thus the extreme range of the tides is 2.79 metres.

The height of the mean sea-level, referred to the zero-point of the instrument, was derived as follows:—

1895	4. ^m 194
1896	4.192
1897	4.116
1906	4.138

Harmonic Constants at Hosojima.

T I D E	1 8 9 5		1 8 9 6		T I D E
	H	κ	H	κ	
S_1	$\overset{m}{0.0140}$	$\overset{v}{88.77}$	$\overset{m}{0.0086}$	$\overset{v}{44.06}$	S_1
S_2	0.2164	208.60	0.2026	210.39	S_2
S_4	0.0012	90.00	0.0018	42.71	S_4
S_6	0.0008	240.26	0.0004	255.97	S_6
M_1	0.0068	227.20	0.0084	186.15	M_1
M_2	0.4990	183.82	0.4955	183.37	M_2
M_3	0.0060	207.28	0.0078	194.15	M_3
M_4	0.0024	306.78	0.0072	316.44	M_4
M_6	0.0011	332.24	0.0028	311.25	M_6
O	0.1555	172.18	0.1493	173.13	O
K_1	0.2032	193.89	0.1944	193.72	K_1
K_2	0.0538	195.00	0.0697	197.62	K_2
P	0.0568	192.32	0.0605	196.92	P
J	0.0101	202.65	0.0124	220.75	J
Q	0.0367	165.79	0.0317	165.56	Q
L	0.0245	165.02	0.0179	175.32	L
N	0.0950	176.43	0.0918	181.54	N
ν	0.0180	183.20	0.0181	161.09	ν
μ	0.0158	194.07	0.0170	194.26	μ
R	0.0164	137.05	0.0291	180.75	R
T	0.0226	241.82	0.0189	224.54	T
MS	0.0129	163.16	0.0088	166.03	MS
2SM	0.0086	322.89	0.0111	352.67	2SM
Mm	0.0336	21.71	0.0187	333.00	Mm
Mf	0.0173	13.89	0.0073	135.75	Mf
MSf	0.0134	45.25	0.0081	198.10	MSf
Sa	0.1600	170.03	0.1805	155.50	Sa
Ssa	0.0268	40.13	0.0395	72.32	Sa

Harmonic Constants at Hosojima.

T I D E	1 8 9 7		1 9 0 6		T I D E
	H	κ	H	κ	
S ₁	^m 0.0104	^o 10.55	^m 0.0066	^o 96.05	S ₁
S ₂	0.2103	211.88	0.2055	223.94	S ₂
S ₄	0.0010	66.04	0.0021	60.95	S ₄
S ₆	0.0002	116.57	0.0005	168.69	S ₆
M ₁	0.0089	147.11	0.0054	224.50	M ₁
M ₂	0.4983	185.33	0.4878	200.50	M ₂
M ₃	0.0084	183.60	0.0080	216.81	M ₃
M ₄	0.0072	318.86	0.0135	336.69	M ₄
M ₆	0.0029	310.66	0.0019	8.64	M ₆
O	0.1530	172.48	0.1509	180.80	O
K ₁	0.2014	194.40	0.1940	201.91	K ₁
K ₂	0.0616	191.75	0.0744	213.29	K ₂
P	0.0703	195.91	0.0650	205.98	P
J	0.0111	201.77	0.0113	228.61	J
Q	0.0279	163.53	0.0350	173.98	Q
L	0.0085	156.92	0.0221	195.95	L
N	0.0317	181.38	0.0991	196.11	N
ν	0.0252	155.46	0.0149	97.01	ν
μ	0.0210	180.39	0.0111	160.30	μ
R	0.0206	194.68	0.0021	247.58	R
T	0.0258	204.68	0.0173	236.02	T
MS	0.0076	172.51	0.0038	186.32	MS
2SM	0.0110	320.18	0.0094	314.92	2SM
Mm	0.0207	228.15	0.0051	181.51	Mm
Mf	0.0117	200.75	0.0011	288.26	Mf
MSf	0.0140	14.00	0.0161	51.15	MSf
Sa	0.0769	126.25	0.1271	140.67	Sa
Ssa	0.0852	34.62	0.0376	21.11	Ssa

TONOURA.

Long. $132^{\circ} 4' \text{ E.}$, Lat. $34^{\circ} 55' \text{ N.}$

As one of the permanent observatories, this belongs to the Land Survey Department of the Army, and is located on the coast of the mainland, facing the Japan Sea. The site is on the eastern side of a branch of Hamada-Wan. The first registration was made on July 5, 1891, and since then recording has gone on pretty smoothly.

The series of marigrams obtained in the years 1895, 1896, and 1901-4 were harmonically reduced and their results are given in the accompanying table:

The highest high-water recorded here was 3.00, referred to the zero-point of the instrument, and occurred on August 21, 1904. The lowest low-water was 4.30, referred to the same origin, and occurred on January 30, 1903. Thus the extreme range of height becomes 1.30 metres.

The height of the mean sea-level, referred to the zero-point of the instrument, was derived as follows:—

1895	3.699 ^m
1896	3.720
1901	3.703
1902	3.735
1903	3.732
1904	3.689

Harmonic Constants at Tonoura.

TIDE	1895		1896		1901		TIDE
	H	κ	H	κ	H	κ	
S ₁	^m 0.0018	^o 257.47	^m 0.0018	^o 319.40	^m 0.0030	^o 0.00	S ₁
S ₂	0.0404	13.31	0.0393	11.74	0.0400	14.18	S ₂
S ₄	0.0007	270.00	0.0008	299.74	0.0011	307.88	S ₄
S ₆	0.0006	0.00	0.0009	347.47	0.0005	323.13	S ₆
M ₁	0.0036	89.53	0.0039	355.58	0.0045	314.17	M ₁
M ₂	0.0810	191.99	0.0821	358.06	0.0818	1.18	M ₂
M ₃	0.0047	342.91	0.0043	33.97	0.0021	25.02	M ₃
M ₄	0.0010	262.69	0.0011	232.95	0.0023	234.63	M ₄
M ₆	0.0011	124.16	0.0015	247.18	0.0010	249.42	M ₆
O	0.0816	169.74	0.0807	328.37	0.0820	328.89	O
K ₁	0.0679	345.93	0.0675	354.74	0.0674	355.40	K ₁
K ₂	0.0102	352.68	0.0108	6.00	0.0101	6.85	K ₂
P	0.0242	357.81	0.0236	359.71	0.0244	351.02	P
J	0.0040	235.53	0.0026	18.07	0.0038	355.54	J
Q	0.0180	257.78	0.0207	312.16	0.0214	308.86	Q
L	0.0045	23.78	0.0028	25.68	0.0021	315.76	L
N	0.0170	294.10	0.0193	357.42	0.0182	5.30	N
ν	0.0044	328.86	0.0064	357.51	0.0039	345.34	ν
μ	0.0068	11.39	0.0057	338.39	0.0076	339.43	μ
R	0.0026	2.34	0.0021	314.82	0.0017	308.12	R
T	0.0027	23.65	0.0021	53.78	0.0028	43.79	T
MS	0.0044	133.60	0.0045	309.57	0.0048	301.05	MS
2SM	0.0026	281.61	0.0027	161.93	0.0016	117.95	2SM
Mm	0.0098	9.50	0.0017	226.95	0.0203	82.12	Mm
Mf	0.0078	228.97	0.0095	158.44	0.0179	168.69	Mf
MSf	0.0121	26.59	0.0170	259.49	0.0075	253.86	MSf
Sa	0.1416	146.58	0.1990	152.43	0.1868	151.13	Sa
Ssa	0.0057	154.36	0.0147	169.48	0.0469	282.46	Ssa

Harmonic Constants at Tonoura.

TIDE	1902		1903		1904		TIDE
	H	κ	H	κ	H	κ	
S ₁	^m 0.0036	^o 294.45	^m 0.0035	^o 40.43	^m 0.0029	^o 321.95	S ₁
S ₂	0.0399	11.70	0.0396	11.37	0.0403	10.00	S ₂
S ₄	0.0008	262.88	0.0012	245.56	0.0004	296.57	S ₄
S ₆	0.0008	270.00	0.0006	288.42	0.0002	243.43	S ₆
M ₁	0.0012	47.17	0.0038	355.91	0.0035	6.08	M ₁
M ₂	0.0822	358.40	0.0812	359.17	0.0820	356.92	M ₂
M ₃	0.0031	20.52	0.0038	46.28	0.0044	16.13	M ₃
M ₄	0.0028	229.40	0.0027	205.03	0.0029	215.43	M ₄
M ₆	0.0009	209.69	0.0011	97.85	0.0003	172.97	M ₆
O	0.0880	328.51	0.0857	325.88	0.0854	324.85	O
K ₁	0.0693	354.25	0.0754	356.55	0.0693	353.77	K ₁
K ₂	0.0104	359.69	0.0085	11.81	0.0109	4.88	K ₂
P	0.0238	346.16	0.0226	354.41	0.0237	350.17	P
J	0.0018	352.65	0.0021	26.53	0.0028	14.30	J
Q	0.0180	307.93	0.0211	306.62	0.0185	308.70	Q
L	0.0025	3.74	0.0020	338.71	0.0012	313.13	L
N	0.0198	5.66	0.0205	358.08	0.0200	357.00	N
ν	0.0031	284.95	0.0024	89.26	0.0057	34.47	ν
μ	0.0061	335.25	0.0055	331.66	0.0054	336.75	μ
R	0.0015	59.71	0.0014	324.58	0.0003	327.33	R
T	0.0019	64.63	0.0029	355.54	0.0033	16.56	T
MS	0.0041	291.77	0.0036	291.05	0.0042	280.69	MS
2SM	0.0017	170.52	0.0016	174.86	0.0013	154.78	2SM
Mm	0.0090	294.07	0.0154	330.35	0.0134	63.83	Mm
Mf	0.0073	178.79	0.0141	184.01	0.0265	183.97	Mf
MSf	0.0052	30.86	0.0146	130.45	0.0124	176.94	MSf
Sa	0.1610	147.66	0.2095	158.90	0.2097	152.17	Sa
Ssa	0.0143	124.65	0.0227	208.61	0.0260	256.58	Ssa

K O B E .

Long. $135^{\circ} 11' \text{ E.}$, Lat. $34^{\circ} 41' \text{ N.}$

This is a temporary observatory established for the harbour work. The instrument used is different from those used at the tide observatories of the Land Survey Department, as has been already stated.

The series of marigrams obtained in the years 1900, 1901, 1902, 1903, 1904, and 1906 have been completely reduced.

The highest high-water recorded here was 2.539, and occurred on Sept. 7, 1902, and the lowest low-water was 0.142, on Jan. 25, 1902; thus the extreme range of the tides in this period was 2.397 metres.

The height of the mean sea-level, referred to the zero-point of the instrument, is obtained from each series of marigrams as follows:—

1900	.....	^m 1.409
1901	.....	1.402
1902	.....	1.415
1903	.....	1.463
1904	.....	1.490
1906	.....	1.430

Harmonic Constants at the Port of Kobe.

TIDE	1900		1901		1902		TIDE
	H	κ	H	κ	H	κ	
S_1	^m 0.0116	^o 71.04	^m 0.0146	^o 67.11	^m 0.0074	^o 58.59	S_1
S_2	0.1726	228.63	0.1734	229.64	0.1748	226.82	S_2
S_4	0.0016	125.54	0.0002	172.88	0.0004	180.00	S_4
S_6	0.0011	336.37	0.0005	295.02	0.0002	180.00	S_6
M_1	0.0113	196.00	0.0117	177.12	0.0078	348.78	M_1
M_2	0.3022	211.99	0.2976	214.59	0.3036	210.27	M_2
M_3	0.0019	219.43	0.0055	239.69	0.0062	236.28	M_3
M_4	0.0129	57.00	0.0122	60.82	0.0116	59.78	M_4
M_6	0.0124	228.53	0.0116	242.62	0.0125	231.36	M_6
O	0.1874	180.11	0.1951	180.84	0.1932	180.50	O
K_1	0.2544	204.85	0.2584	205.40	0.2552	203.48	K_1
K_2	0.0458	233.41	0.0409	230.68	0.0445	232.72	K_2
P	0.0775	200.58	0.0867	199.07	0.0804	197.27	P
J	0.0125	223.85	0.0104	221.92	0.0137	227.00	J
Q	0.0378	167.54	0.0372	173.67	0.0428	169.22	Q
L	0.0219	4.74	0.0065	307.48	0.0090	314.14	L
N	0.0619	203.90	0.0571	209.21	0.0661	203.34	N
ν	0.0240	230.36	0.0094	203.48	0.0069	132.76	ν
μ	0.0452	161.67	0.0406	167.53	0.0457	159.75	μ
R	0.0092	197.95	0.0114	181.04	0.0054	196.72	R
T	0.0194	244.62	0.0170	257.62	0.0141	225.81	T
MS	0.0109	135.65	0.0108	140.17	0.0106	139.49	MS
2SM	0.0170	275.15	0.0185	267.63	0.0081	238.12	2SM
Mm	0.0130	7.25	0.0153	53.63	0.0026	260.70	Mm
Mf	0.0242	135.02	0.0198	153.51	0.0233	88.76	Mf
MSf	0.0058	264.84	0.0073	178.52	0.0058	336.60	MSf
Sa	0.1505	155.96	0.1648	130.78	0.1962	154.55	Sa
Ssa	0.0131	16.84	0.0278	216.35	0.0477	80.39	Ssa

Harmonic Constants at the Port of Kobe.

T I D E	1 9 0 3		1 9 0 4		1 9 0 6		T I D E
	H	κ	H	κ	H	κ	
S ₁	^m 0.0076	^o 93.21	^m 0.0093	^o 53.50	^m 0.0085	^o 62.53	S ₁
S ₂	0.1745	231.73	0.1757	230.58	0.1688	225.58	S ₂
S ₄	0.0012	144.29	0.0008	194.04	0.0009	180.00	S ₄
S ₆	0.0008	8.13	0.0004	75.96	0.0012	75.96	S ₆
M ₁	0.0071	231.50	0.0104	211.98	0.0048	267.86	M ₁
M ₂	0.3082	212.14	0.3137	212.32	0.3048	208.36	M ₂
M ₃	0.0118	242.33	0.0124	232.21	0.0088	223.82	M ₃
M ₄	0.0110	55.40	0.0114	62.27	0.0121	56.86	M ₄
M ₆	0.0139	235.66	0.0132	238.29	0.0121	222.59	M ₆
O	0.1900	180.99	0.1914	179.93	0.1945	179.70	O
K ₁	0.2561	205.16	0.2548	204.53	0.2539	202.88	K ₁
K ₂	0.0435	215.89	0.0474	230.43	0.0464	234.09	K ₂
P	0.0774	203.07	0.0833	201.16	0.0745	198.87	P
J	0.0088	233.77	0.0120	235.42	0.0124	221.42	J
Q	0.0354	171.37	0.0339	170.35	0.0373	170.80	Q
L	0.0052	255.05	0.0147	32.61	0.0173	316.01	L
N	0.0698	205.01	0.0659	207.55	0.0609	203.22	N
ν	0.0043	267.76	0.0171	247.84	0.0076	144.30	ν
μ	0.0409	166.58	0.0489	165.38	0.0476	160.41	μ
R	0.0083	203.27	0.0067	198.09	0.0070	187.83	R
T	0.0155	239.58	0.0131	226.96	0.0103	232.90	T
MS	0.0114	145.40	0.0125	152.61	0.0109	140.25	MS
2SM	0.0135	266.10	0.0130	284.83	0.0091	287.42	2SM
Mm	0.0241	304.11	0.0161	258.67	0.0021	130.65	Mm
Mf	0.0140	77.59	0.0182	185.74	0.0130	249.80	Mf
MSf	0.0153	128.83	0.0100	144.73	0.0076	49.95	MSf
Sa	0.1887	142.22	0.1899	153.68	0.1312	158.41	Sa
Ssa	0.0290	191.59	0.0297	316.31	0.0518	293.72	Ssa

KUSHIMOTO.

Long. $135^{\circ} 46'$ E., Lat. $33^{\circ} 28'$ N.

This observatory was founded in the year 1891, as one of the permanent observatories of the Land Survey Department, on eastern side of the mouth of Kii Channel. As will be seen from the accompanying map, its location is in a very small bay near the neck of a peninsula. The water is not deep and its mean depth was found to be 5.0 m. and its 1.3 km length, according to Drs. Honda and Terada and others.

The first registration of the tides, took place on May 21st, 1898. From that date the work was continued for about four years, but during this interval the tube was very frequently choked. Thus, the entire observatory was moved a little further from the old location. The former series being closed on March 5, 1898, the new series was begun on May 21st of the same year. This observatory is near the pretty large town of Kushimoto, and presumably there is no great difficulty in obtaining the correct time.

The marigrams to which our reductions were applied are entirely of the new series and the four series obtained in the years 1897, 1898, 1899 and 1904 are now reported below.

The highest high-water recorded here was 2.32, referred to the zero-point of the instrument, and occurred on September 28, 1899. The lowest low-water recorded was 6.16, referred to the same origin, and occurred on December 24, 1897. Thus the extreme range is 2.84 metres.

The height of the mean sea-level, referred to the zero-point of the instrument, is obtained for each year-series as follows:—

1897	^m 3.780
1898	3.794
1899	3.776
1904	3.742
1905	3.741

Harmonic Constants at Kushimoto.

TIDE	1897		1898		1899		TIDE
	H	κ	H	κ	H	κ	
	m	o	m	o	m	o	
S ₁	0.0081	28.16	0.0055	335.30	0.0040	0.00	S ₁
S ₂	0.2055	200.15	0.2062	195.93	0.2022	197.17	S ₂
S ₄	0.0003	198.44	0.0015	132.27	0.0014	146.31	S ₄
S ₆	0.0003	251.57	0.0004	104.04	0.0005	191.31	S ₆
M ₁	0.0118	146.00	0.0055	80.44	0.0097	201.39	M ₁
M ₂	0.4456	175.04	0.4499	172.43	0.4546	171.81	M ₂
M ₃	0.0053	292.11	0.0066	170.42	0.0051	161.41	M ₃
M ₄	0.0013	233.57	0.0006	282.72	0.0007	153.98	M ₄
M ₆	0.0019	140.74	0.0006	49.82	0.0007	49.91	M ₆
O	0.1658	165.50	0.1682	167.11	0.1657	165.07	O
K ₁	0.2186	188.34	0.2150	187.85	0.2167	186.99	K ₁
K ₂	0.0575	196.04	0.0598	190.91	0.0567	193.70	K ₂
P	0.0757	184.25	0.0734	180.73	0.0714	181.85	P
J	0.0117	202.92	0.0119	208.15	0.0128	222.06	J
Q	0.0351	156.78	0.0362	157.56	0.0371	155.20	Q
L	0.0151	174.99	0.0155	188.66	0.0174	150.45	L
N	0.0853	171.07	0.0821	172.83	0.0780	166.89	N
ν	0.0174	132.93	0.0044	123.17	0.0184	200.56	ν
μ	0.0114	169.64	0.0069	153.32	0.0154	180.29	μ
R	0.0115	167.55	0.0094	148.43	0.0030	73.63	R
T	0.0188	215.25	0.0193	194.57	0.0156	178.72	T
MS	0.0122	158.77	0.0136	156.17	0.0136	153.37	MS
2SM	0.0075	321.50	0.0079	355.54	0.0092	337.01	2SM
Mm	0.0461	185.54	0.0052	23.77	0.0043	314.47	Mm
Mf	0.0115	249.67	0.0091	177.06	0.0045	263.77	Mf
MSf	0.0205	10.74	0.0060	325.90	0.0117	3.87	MSf
Sa	0.1163	149.71	0.1136	177.87	0.1702	149.11	Sa
Ssa	0.0045	4.64	0.0636	99.56	0.0298	275.33	Ssa

Harmonic Constants at Kushimoto.

T I D E	1 9 0 4		1 9 0 5		T I D E
	H	κ	H	κ	
	m	o	m	o	
S ₁	0.0054	33.69	0.0066	7.88	S ₁
S ₂	0.2033	196.58	0.2009	194.73	S ₂
S ₄	0.0005	143.13	0.0003	97.12	S ₄
S ₆	0.0002	0.00	0.0015	227.73	S ₆
M ₁	0.0115	198.90	0.0097	136.66	M ₁
M ₂	0.4635	172.53	0.4554	171.59	M ₂
M ₃	0.0045	181.56	0.0041	185.98	M ₃
M ₄	0.0010	115.31	0.0013	190.73	M ₄
M ₆	0.0005	71.66	0.0008	186.34	M ₆
O	0.1633	163.02	0.1670	163.36	O
K ₁	0.2219	186.65	0.2179	185.65	K ₁
K ₂	0.0511	191.61	0.0564	194.45	K ₂
P	0.0740	182.73	0.0769	180.58	P
J	0.0118	214.27	0.0119	184.66	J
Q	0.0313	157.91	0.0366	158.05	Q
L	0.0074	186.62	0.0228	162.17	L
N	0.0855	166.28	0.0865	170.25	N
ν	0.0288	181.83	0.0234	152.20	ν
μ	0.0133	157.48	0.0151	173.02	μ
R	0.0034	40.40	0.0034	177.35	R
T	0.0113	191.94	0.0162	182.10	T
MS	0.0156	155.53	0.0139	152.17	MS
2SM	0.0091	339.43	0.0068	1.63	2SM
Mm	0.0125	258.30	0.0095	130.85	Mm
Mf	0.0147	154.49	0.0203	162.70	Mf
MSf	0.0094	140.06	0.0082	139.61	MSf
Sa	0.1643	158.52	0.1604	193.11	Sa
Ssa	0.0234	292.72	0.0686	316.97	Ssa

W A J I M A .Long. $136^{\circ} 54'$ E.,Lat. $37^{\circ} 24'$ N.

This is one of the permanent observatories situated on the coast of the Japan Sea in the province of Noto. As will be seen from the map, the building is at the eastern side of a promontory near the town of Wajima.

The series of marigrams to which the harmonic analysis is applied are of the years, 1901–05. The principal oscillations of the water here are very small, but are accompanied with secondary oscillations of comparatively large amplitude.

The highest high-water recorded here was 3.12, referred to the zero-point of the instrument, and occurred on August 16, 1901. The lowest low-water recorded was 4.33, referred to the same origin, and occurred on March 27, 1905. Thus the extreme range is 1.21 metres.

The height of the mean sea-level, referred to the zero-point of the instrument, is obtained for each year-series as follows:—

1901	3. ^m 715
1902	3.728
1903	3.714
1904	3.697
1905	3.707

Harmonic Constants at Wajima.

T I D E	1 9 0 1		1 9 0 2		1 9 0 3		T I D E
	H	κ	H	κ	H	κ	
	m	o	m	o	m	o	
S ₁	0.0039	1.47	0.0032	7.13	0.0028	334.36	S ₁
S ₂	0.0218	104.35	0.0204	104.51	0.0217	108.52	S ₂
S ₄	0.0006	99.46	0.0003	225.00	0.0001	0.00	S ₄
S ₆	0.0009	324.46	0.0005	0.00	0.0001	0.00	S ₆
M ₁	0.0044	291.25	0.0015	224.64	0.0029	326.66	M ₁
M ₂	0.0599	73.86	0.0588	77.53	0.0593	78.90	M ₂
M ₃	0.0004	10.01	0.0002	236.28	0.0002	232.99	M ₃
M ₄	0.0015	26.33	0.0014	33.06	0.0015	38.92	M ₄
M ₆	0.0000	0.00	0.0002	247.57	0.0003	71.29	M ₆
O	0.0514	314.47	0.0529	320.76	0.0521	318.54	O
K ₁	0.0502	343.09	0.0516	346.25	0.0535	345.45	K ₁
K	0.0070	95.52	0.0060	103.74	0.0058	106.28	K ₂
P	0.0169	340.45	0.0179	341.42	0.0166	339.63	P
J	0.0031	340.60	0.0028	337.30	0.0015	1.55	J
Q	0.0138	301.64	0.0097	295.67	0.0111	305.21	Q
L	0.0011	102.07	0.0006	124.56	0.0030	63.71	L
N	0.0149	59.97	0.0158	62.69	0.0162	60.41	N
ν	0.0050	35.54	0.0009	41.43	0.0024	167.37	ν
μ	0.0046	17.86	0.0033	21.49	0.0033	33.66	μ
R	0.0015	29.05	0.0012	112.30	0.0013	12.59	R
T	0.0017	138.83	0.0008	190.36	0.0022	156.62	T
MS	0.0036	60.55	0.0038	64.77	0.0034	72.64	MS
2SM	0.0016	76.69	0.0012	83.41	0.0010	18.38	2SM
Mm	0.0210	80.05	0.0162	314.56	0.0180	341.41	Mm
Mf	0.0155	187.35	0.0181	205.85	0.0282	208.75	Mf
MSf	0.0148	255.39	0.0072	40.56	0.0155	158.47	MSf
Sa	0.1542	165.02	0.1407	156.20	0.1548	159.30	Sa
Ssa	0.0567	247.70	0.0152	210.99	0.0576	197.75	Ssa

Harmonic Constants at Wajima.

T I D E	1 9 0 4		1 9 0 5		T I D E
	H	κ	H	κ	
S_1	0.0042	16.70	0.0028	343.50	S_1
S_2	0.0230	102.29	0.0206	96.95	S_2
S_4	0.0007	26.57	0.0005	306.87	S_4
S_6	0.0003	90.00	0.0003	225.00	S_6
M_1	0.0038	357.46	0.0023	293.18	M_1
M_2	0.0612	73.49	0.0589	71.32	M_2
M_3	0.0006	338.04	0.0006	29.48	M_3
M_4	0.0014	50.08	0.0011	41.69	M_4
M_6	0.0007	2.43	0.0005	76.90	M_6
O	0.0527	314.16	0.0528	315.54	O
K_1	0.0515	343.24	0.0531	343.13	K_1
K_2	0.0042	88.36	0.0035	109.61	K_2
P	0.0161	336.37	0.0182	342.01	P
J	0.0012	288.25	0.0030	352.09	J
Q	0.0115	301.82	0.0094	286.00	Q
L	0.0016	125.00	0.0010	170.77	L
N	0.0163	53.93	0.0148	52.53	N
ν	0.0029	60.20	0.0049	37.03	ν
μ	0.0024	8.63	0.0022	21.85	μ
R	0.0007	208.27	0.0019	22.03	R
T	0.0008	47.92	0.0039	41.40	T
MS	0.0038	54.57	0.0028	62.43	MS
2SM	0.0006	112.85	0.0017	50.00	2SM
Mm	0.0101	59.64	0.0092	189.33	Mm
Mf	0.0368	197.21	0.0230	148.77	Mf
MSf	0.0100	198.71	0.0099	285.65	MSf
Sa	0.1879	165.86	0.1960	178.00	Sa
Ssa	0.0369	224.96	0.0255	202.99	Ssa

ABURATSUBO.

Long. $139^{\circ} 37' E.$, Lat. $35^{\circ} 10' N.$

This observatory is also one of the permanent observatories and is located on a shallow inlet, very near to the Marine Zoological Station of the Tokyo Imperial University. The accompanying map shows the position of the observatory. At first, the present building and the tide-gauge were located at Inubo, where there is a lighthouse. One year's experience there was a failure, since the pipe was very frequently choked and registrations could not be performed regularly. It was therefore decided to move the entire observatory to the present site in the Miura Peninsula. The first registration here was made on June 11th, 1894. Since then the registration has gone on continuously, without receiving any serious break.

The series to which the reduction was applied are those obtained in the years 1895, 1896, 1897, 1898 and 1904. The harmonic constants are given in the accompanying table.

The highest high-water recorded here was 2.77, referred to the zero-point of the instrument, and occurred on October 10, 1904. The lowest low-water recorded was 4.83, referred to the same origin, and occurred on February 1 of the same year. Thus the extreme range is 2.06 metres.

The height of the mean sea-level, referred to the zero-point of the instrument, is obtained for each year-series as follows:—

1895	^m 3.668
1896	3.679
1897	3.638
1898	3.650
1904	3.634

Harmonic Constants at Aburatsubo.

TIDE	1895		1896		1897		TIDE
	H	κ	H	κ	H	κ	
S ₁	^m 0.0067	^o 114.66	^m 0.0098	^o 52.07	^m 0.0103	^o 50.91	S ₁
S ₂	0.1733	174.39	0.1670	171.32	0.1636	173.51	S ₂
S ₄	0.0005	158.20	0.0005	101.31	0.0016	161.56	S ₄
S ₆	0.0006	161.57	0.0005	182.54	0.0009	173.66	S ₆
M ₁	0.0177	215.60	0.0104	165.87	0.0082	157.20	M ₁
M ₂	0.3520	140.54	0.3534	141.14	0.3474	143.34	M ₂
M ₃	0.0034	136.14	0.0043	130.17	0.0049	140.38	M ₃
M ₄	0.0028	62.48	0.0024	84.96	0.0030	83.38	M ₄
M ₆	0.0008	103.41	0.0007	350.44	0.0007	31.84	M ₆
O	0.1802	156.52	0.1780	154.22	0.1805	155.61	O
K ₁	0.2324	172.93	0.2277	175.20	0.2245	175.93	K ₁
K ₂	0.0401	184.00	0.0476	166.66	0.0452	171.22	K ₂
P	0.0842	171.03	0.0732	172.38	0.0790	176.73	P
J	0.0167	135.34	0.0127	195.19	0.0113	191.30	J
Q	0.0409	157.76	0.0371	143.96	0.0384	150.49	Q
L	0.0329	236.55	0.0208	161.50	0.0125	129.04	L
N	0.0651	143.90	0.0588	138.91	0.0577	149.84	N
ν	0.0123	119.76	0.0196	128.19	0.0164	99.28	ν
μ	0.0143	119.45	0.0087	126.73	0.0081	162.00	μ
R	0.0223	208.06	0.0031	114.70	0.0102	162.48	R
T	0.0187	146.86	0.0091	201.71	0.0145	212.85	T
MS	0.0127	118.14	0.0122	124.86	0.0121	125.16	MS
2SM	0.0028	28.18	0.0063	9.14	0.0095	339.47	2SM
Mm	0.1300	90.33	0.0137	184.10	0.0334	215.15	Mm
Mf	0.0338	331.47	0.0073	78.00	0.0076	205.53	Mf
MSf	0.0225	238.13	0.0116	104.32	0.0161	60.59	MSf
Sa	0.0974	194.78	0.1082	172.07	0.0728	161.02	Sa
Ssa	0.0223	246.01	0.0175	321.13	0.0342	110.49	Ssa

Harmonic Constants at Aburatsubo.

T I D E	1 8 9 8		1 9 0 4		T I D E
	H	κ	H	κ	
S ₁	^m 0.0073	^o 1.57	^m 0.0102	^o 9.55	S ₁
S ₂	0.1689	167.94	0.1619	175.47	S ₂
S ₄	0.0015	156.80	0.0014	192.09	S ₄
S ₆	0.0006	149.04	0.0003	198.44	S ₆
M ₁	0.0086	60.29	0.0127	181.65	M ₁
M ₂	0.3537	140.09	0.3477	146.37	M ₂
M ₃	0.0061	133.13	0.0045	140.36	M ₃
M ₄	0.0021	69.03	0.0026	126.62	M ₄
M ₆	0.0006	335.08	0.0015	10.07	M ₆
O	0.1809	154.19	0.1749	155.28	O
K ₁	0.2291	175.24	0.2278	177.89	K ₁
K ₂	0.0422	164.18	0.0438	152.49	K ₂
P	0.0778	166.18	0.0742	181.61	P
J	0.0119	195.86	0.0101	191.34	J
Q	0.0373	143.73	0.0356	146.13	Q
L	0.0163	158.62	0.0171	198.30	L
N	0.0537	138.16	0.0603	132.02	N
ν	0.0047	23.30	0.0132	142.38	ν
μ	0.0058	100.26	0.0104	139.64	μ
R	0.0050	143.08	0.0127	164.74	R
T	0.0184	178.13	0.0249	174.91	T
MS	0.0127	121.95	0.0126	137.44	MS
2SM	0.0097	26.99	0.0080	5.43	2SM
Mm	0.0141	106.96	0.0107	305.85	Mm
Mf	0.0045	32.96	0.0099	179.14	Mf
MSf	0.0098	1.25	0.0083	91.38	MSf
Sa	0.0542	177.67	0.1280	170.31	Ss
Ssa	0.0166	119.49	0.0128	240.47	Ssa

Y O K O H A M A .

Long. $139^{\circ} 38' \text{ E.}$, Lat. $35^{\circ} 27' \text{ N.}$

This is a temporary tide observatory established for the sake of the construction of the harbour. The first observation record was made on the 28th of June in the year 1899. The observations are made every half-hour in the daytime and every hour in the night-time. As has been already stated, this observatory is not furnished with a tide-gauge in its elaborate form, but a tide-staff was fixed at a place where the state of the water seemed comparatively calm, and the direct readings are recorded. We copied their observations made every hour, and the series obtained in the years 1900, 1901, 1902, 1903, 1904 and 1905 have been reduced.

The highest high-water recorded in the years which we have reduced was 2.64, referred to the zero-point of the instrument, and occurred on September 23, 1903. The lowest low-water recorded was -0.09, referred to the same origin, and occurred on May 1, 1900. Thus the extreme range is 2.73 metres.

The height of the mean sea-level, referred to the zero-point of the instrument, is obtained for each year-series as follows:—

1900	1. ^m 306
1901	1.363
1902	1.347
1903	1.362
1904	1.373
1905	1.367

Harmonic Constants at the Port of Yokohama.

T I D E	1 9 0 0		1 9 0 1		1 9 0 2		T I D E
	H	κ	H	κ	H	κ	
S_1	$\overset{m}{0.0045}$	$\overset{o}{109.66}$	$\overset{m}{0.0067}$	$\overset{o}{63.43}$	$\overset{m}{0.0024}$	$\overset{o}{104.03}$	S_1
S_2	0.2280	175.05	0.2303	176.38	0.2267	175.09	S_2
S_4	0.0015	90.00	0.0027	147.99	0.0003	135.00	S_4
S_6	0.0018	80.54	0.0012	90.00	0.0003	270.00	S_6
M_1	0.0127	165.84	0.0127	145.84	0.0045	327.32	M_1
M_2	0.4685	144.16	0.4682	145.21	0.4685	145.13	M_2
M_3	0.0152	133.45	0.0103	135.74	0.0097	139.15	M_3
M_4	0.0145	80.65	0.0139	80.03	0.0154	71.61	M_4
M_6	0.0009	140.78	0.0030	55.38	0.0003	22.57	M_6
O	0.1865	153.32	0.1973	153.66	0.1952	156.40	O
K_1	0.2490	175.02	0.2503	175.85	0.2489	175.44	K_1
K_2	0.0616	170.63	0.0609	170.28	0.0621	172.56	K_2
P	0.0822	172.57	0.0855	171.04	0.0821	169.94	P
J	0.0133	192.49	0.0121	181.54	0.0151	185.44	J
Q	0.0415	142.96	0.0403	148.06	0.0403	149.65	Q
L	0.0127	178.70	0.0133	130.49	0.0136	175.74	L
N	0.0676	135.04	0.0641	140.18	0.0700	138.75	N
ν	0.0227	153.75	0.0224	111.91	0.0121	85.04	ν
μ	0.0115	164.61	0.0136	174.72	0.0106	167.29	μ
R	0.0042	331.38	0.0058	28.62	0.0048	5.72	R
T	0.0143	160.44	0.0139	144.86	0.0136	156.85	T
MS	0.0303	112.28	0.0331	114.08	0.0315	113.89	MS
2SM	0.0088	350.89	0.0072	349.53	0.0118	5.41	2SM
Mm	0.0209	17.32	0.0130	326.68	0.0206	234.49	Mm
Mf	0.0194	126.92	0.0191	236.07	0.0203	150.28	Mf
MSf	0.0042	294.51	0.0070	93.84	0.0091	144.20	MSf
Sa	0.0677	184.22	0.1291	165.45	0.0921	163.18	Sa
Ssa	0.0142	123.55	0.0188	296.86	0.0285	127.00	Ssa

Harmonic Constants at the Port of Yokohama.

T I D E	1 9 0 3		1 9 0 4		1 9 0 5		T I D E
	H	κ	H	κ	H	κ	
S ₁	^m 0.0064	^o 73.30	^m 0.0088	^o 72.18	^m 0.0109	^o 68.50	S _I
S ₂	0.2242	177.21	0.2282	175.81	0.2270	175.33	S ₂
S ₄	0.0027	159.45	0.0003	180.00	0.0009	18.44	S ₄
S ₆	0.0003	180.00	0.0003	0.00	0.0006	0.00	S ₆
M ₁	0.0073	205.41	0.0127	180.08	0.0106	123.76	M ₁
M ₂	0.4652	145.23	0.4694	144.70	0.4600	144.87	M ₂
M ₃	0 0103	157.91	0.0094	159.78	0.0094	157.62	M ₃
M ₄	0.0158	85.22	0.0155	75.08	0.0136	77.65	M ₄
M ₆	0.0018	97.85	0.0015	82.97	0.0018	51.34	M ₆
O	0.1921	155.78	0.1930	152.91	0.1915	154.73	O
K ₁	0.2461	174.47	0.2491	174.74	0.2506	174.83	K ₁
K ₂	0.0606	170.20	0.0639	174.59	0.0594	173.20	K ₂
P	0.0770	172.34	0.0830	174.21	0.0833	172.33	P
J	0.0127	192.91	0.0109	195.99	0.0133	195.29	J
Q	0.0385	149.21	0.0394	143.57	0.0412	153.35	Q
L	0.0176	159.99	0.0127	182.64	0.0239	140.90	L
N	0.0694	138.30	0.0709	135.50	0.0736	143.29	N
ν	0.0091	170.64	0.0224	156.46	0.0212	128.07	ν
μ	0.0133	168.82	0.0136	165.10	0.0273	175.69	μ
R	0.0042	333.30	0.0052	26.37	0.0015	309.62	R
T	0.0130	157.95	0.0127	156.63	0.0148	162.18	T
MS	0.0309	112.08	0.0300	116.09	0.0294	115.66	MS
2SM	0.0124	10.20	0.0115	355.74	0.0067	5.20	2SM
Mm	0.0258	300.23	0.0118	308.08	0.0176	168.09	Mm
Mf	0.0203	88.34	0.0088	233.75	0.0039	129.32	Mf
MSf	0 0012	260.12	0.0091	85.92	0.0033	26.88	MSf
Sa	0.1179	156.69	0.1361	164.25	0.0867	171.39	Sa
Ssa	0.0367	202.03	0.0197	232.76	0.0170	126.78	Ssa

IWASAKI.

Long. $139^{\circ} 54' \text{ E.}$, Lat. $40^{\circ} 35' \text{ N.}$

As one of the permanent observatories belonging to the Land Survey Department of the Army, this was established in the year 1882 in a small islet very near the town of Iwasaki. The exact site in the islet is indicated in the map. The first observatory was opened on July 7th, 1892, and the registrations were continued for nearly four years. At the end of this time it was decided to move the observatory about ten metres southwards from the old site, and the registrations were resumed on the first of September, 1896.

The six series of marigrams obtained from 1902 to 1907 have been completely reduced and their results are gathered in the accompanying table.

The highest high-water recorded in the years which we have reduced was 4.52, referred to the zero-point of the instrument, and occurred on December 21, 1907. The lowest low-water recorded was 5.90, referred to the same origin, and occurred on April 22, 1605. Thus the extreme range is 1.38 metres.

The height of the mean sea-level, referred to the zero-point of the instrument, is obtained as follows for each year-series:—

1902	5. ^m 235
1903	5.218
1904	5.193
1905	5.203
1906	5.218
1907	5.230

Harmonic Constants at Iwasaki.

T I D E	1 9 0 2		1 9 0 3		1 9 0 4		T I D E
	H	κ	H	κ	H	κ	
S_1	$\overset{m}{0.0020}$	$\overset{o}{20.22}$	$\overset{m}{0.0041}$	$\overset{o}{337.17}$	$\overset{m}{0.0038}$	$\overset{o}{353.99}$	S_1
S_2	0.0220	129.64	0.0212	125.58	0.0209	126.05	S_2
S_4	0.0002	180.00	0.0003	18.44	0.0001	135.00	S_4
S_6	0.0006	135.00	0.0006	260.54	0.0003	108.44	S_6
M_1	0.0018	149.11	0.0016	337.85	0.0029	6.65	M_1
M_2	0.0535	93.12	0.0529	92.01	0.0541	89.20	M_2
M_3	0.0015	247.59	0.0010	223.12	0.0020	239.92	M_3
M_4	0.0008	14.79	0.0015	38.92	0.0010	54.37	M_4
M_6	0.0003	157.57	0.0007	181.51	0.0005	262.97	M_6
O	0.0527	325.25	0.0483	325.35	0.0522	320.71	O
K_1	0.0529	350.34	0.0507	349.10	0.0517	347.21	K_1
K_2	0.0074	122.20	0.0086	126.57	0.0060	114.14	K_2
P	0.0192	345.31	0.0153	336.87	0.0169	344.98	P
J	0.0022	353.45	0.0026	351.54	0.0021	358.60	J
Q	0.0066	322.35	0.0128	304.25	0.0118	306.05	Q
L	0.0006	87.68	0.0003	112.70	0.0007	196.57	L
N	0.0123	77.54	0.0129	65.58	0.0137	61.47	N
ν	0.0006	27.85	0.0014	149.26	0.0025	95.15	ν
μ	0.0030	43.94	0.0036	40.68	0.0039	40.68	μ
R	0.0018	86.45	0.0015	28.54	0.0011	34.13	R
T	0.0026	146.61	0.0009	179.94	0.0010	149.23	T
MS	0.0033	73.68	0.0028	80.73	0.0021	135.74	MS
2SM	0.0005	63.76	0.0016	20.55	0.0011	58.88	2SM
Mm	0.0243	339.99	0.0169	355.64	0.0141	94.86	Mm
Mf	0.0143	207.89	0.0336	229.76	0.0444	205.71	Mf
MSf	0.0120	40.22	0.0161	175.71	0.0064	202.04	MSf
Sa	0.1022	155.45	0.1505	160.40	0.1591	168.39	Sa
Ssa	0.0130	127.96	0.0781	201.72	0.0563	206.24	Ssa

Harmonic Constants at Iwasaki.

TIDE	1905		1906		1907		TIDE
	H	κ	H	κ	H	κ	
S ₁	^m 0.0027	^o 349.51	^m 0.0040	^o 351.47	^m 0.0039	^o 337.38	S ₁
S ₂	0.0223	126.61	0.0218	123.03	0.0219	127.97	S ₂
S ₄	0.0003	71.57	0.0003	270.00	0.0002	206.57	S ₄
S ₆	0.0003	180.00	0.0001	0.00	0.0000	0.00	S ₆
M ₁	0.0029	278.45	0.0018	359.45	0.0020	14.40	M ₁
M ₂	0.0540	90.11	0.0525	89.82	0.0524	91.61	M ₂
M ₃	0.0003	110.02	0.0012	139.33	0.0014	176.85	M ₃
M ₄	0.0007	23.26	0.0014	43.62	0.0005	344.63	M ₄
M ₆	0.0006	61.83	0.0016	315.80	0.0006	138.50	M ₆
O	0.0532	323.72	0.0505	322.62	0.0513	323.01	O
K ₁	0.0511	349.29	0.0516	350.79	0.0510	351.18	K ₁
K ₂	0.0048	115.33	0.0062	114.13	0.0070	114.41	K ₂
P	0.0193	341.34	0.0170	341.68	0.0172	344.56	P
J	0.0026	4.81	0.0010	351.36	0.0032	50.02	J
Q	0.0099	302.10	0.0099	304.37	0.0085	298.64	Q
L	0.0010	357.69	0.0007	60.53	0.0008	45.81	L
N	0.0130	68.71	0.0131	76.99	0.0119	73.95	N
ν	0.0043	63.10	0.0034	60.37	0.0014	111.13	ν
μ	0.0037	43.74	0.0039	36.98	0.0025	17.41	μ
R	0.0004	27.10	0.0010	65.93	0.0016	84.12	R
T	0.0013	148.50	0.0014	98.24	0.0015	88.76	T
MS	0.0028	76.45	0.0026	77.02	0.0026	95.64	MS
2SM	0.0010	95.44	0.0002	99.88	0.0009	341.09	2SM
Mm	0.0128	188.35	0.0067	8.06	0.0246	110.87	Mm
Mf	0.0294	158.82	0.0231	240.67	0.0199	208.45	Mf
MSf	0.0081	272.10	0.0092	43.36	0.0170	115.86	MSf
Sa	0.1699	178.39	0.0745	176.01	0.1083	171.60	Sa
Ssa	0.0284	192.86	0.0050	327.91	0.0348	183.86	Ssa

AYUKAWA.

Long. $141^{\circ} 31' \text{ E.}$, Lat. $38^{\circ} 18' \text{ N.}$

This is one of the permanent observatories belonging to the Land Survey Department of the Army. The situation is on a small bay of the north-eastern part of the Pacific coast. According to Drs. Honda and Terada and others, the length of the bay is one and a half kilometres, and the mean depth of the water is 12.7 metres. The first registration was made on October 25th, 1891, and the observations were continued until June 11th, 1901, without finding any serious obstacle, but about the latter date it was found that a corner of the foundation was sinking and this necessitated the moving of the building about three metres southwards from the old location. But after interruption of only eleven days, the new series of registrations was begun, and continued until June of 1905, when the old tide-gauge was replaced by a new one. The latter is of the same pattern as the old one, and is similar in every particular.

The series on which the reductions were made are only five, obtained in 1894, 1895, 1903, 1904 and 1906, and the results will be found in the accompanying table.

The highest high-water recorded here was 2.65, referred to the zero-point of the instrument, and occurred on December 21, 1907. The lowest low-water recorded was 4.63, referred to the same origin, and occurred on January 14, 1903. Thus the extreme range is 1.98 metres.

The height of the mean sea-level, referred to the zero-point of the instrument, is obtained for each year-series as follows:—

1894	^m 3.654
------------	--------------------

1895	^m 3.651
1903	3.522
1904	3.525
1906	3.474

Harmonic Constants at Ayukawa.

T I D E	1 8 9 4		1 8 9 5		1 9 0 3		T I D E
	H	κ	H	κ	H	κ	
S_1	$\overset{m}{0.0063}$	$\overset{o}{15.57}$	$\overset{m}{0.0046}$	$\overset{o}{76.26}$	$\overset{m}{0.0057}$	$\overset{o}{20.67}$	S_1
S_2	0.1479	140.63	0.1429	141.08	0.1407	137.97	S_2
S_4	0.0006	210.96	0.0005	291.80	0.0010	174.29	S_4
S_6	0.0005	168.69	0.0004	116.57	0.0007	164.05	S_6
M_1	0.0048	89.47	0.0101	182.93	0.0096	198.06	M_1
M_2	0.3140	103.31	0.3109	105.50	0.3083	100.67	M_2
M_3	0.0051	97.76	0.0058	93.93	0.0062	96.83	M_3
M_4	0.0015	110.74	0.0028	100.42	0.0033	84.61	M_4
M_6	0.0009	232.43	0.0007	239.51	0.0004	322.85	M_6
O	0.1928	145.57	0.1895	146.99	0.1845	144.27	O
K_1	0.2386	164.31	0.2359	165.59	0.2363	162.22	K_1
K_2	0.0380	130.81	0.0381	136.99	0.0255	134.92	K_2
P	0.0759	157.72	0.0649	162.65	0.0660	159.39	P
J	0.0121	170.34	0.0120	174.21	0.0124	180.23	J
Q	0.0423	137.64	0.0430	136.90	0.0408	136.64	Q
L	0.0127	125.56	0.0147	152.69	0.0144	113.20	L
N	0.0464	88.62	0.0465	89.19	0.0460	83.46	N
ν	0.0005	140.70	0.0114	79.75	0.0114	66.57	ν
μ	0.0073	128.49	0.0051	108.32	0.0077	106.08	μ
R	0.0039	343.97	0.0050	312.82	0.0084	126.06	R
T	0.0025	182.36	0.0021	233.52	0.0150	157.69	T
MS	0.0084	98.48	0.0087	101.35	0.0096	88.75	MS
2SM	0.0068	40.71	0.0067	42.68	0.0090	35.46	2SM
Mm	0.0132	163.44	0.0043	78.96	0.0076	301.42	Mm
Mf	0.0115	195.56	0.0042	62.28	0.0093	68.70	Mf
MSf	0.0083	112.73	0.0068	238.80	0.0112	211.21	MSf
Sa	0.1304	167.67	0.1164	188.17	0.1086	166.47	Sa
Ssa	0.0264	214.18	0.0184	180.87	0.0395	203.45	Ssa

Harmonic Constants at Ayukawa.

T I D E	1 9 0 4		1 9 0 6		T I D E
	H	κ	η	κ	
S ₁	^m 0.0120	^o 47.02	^m 0.0099	^o 323.59	S ₁
S ₂	0.1417	135.40	0.1405	133.44	S ₂
S ₄	0.0014	140.71	0.0011	111.80	S ₄
S ₆	0.0010	90.00	0.0004	146.31	S ₆
M ₁	0.0113	169.33	0.0070	205.31	M ₁
M ₂	0.3116	98.78	0.3042	103.61	M ₂
M ₃	0.0061	88.33	0.0072	96.45	M ₃
M ₄	0.0022	72.16	0.0024	89.40	M ₄
M ₆	0.0006	234.77	0.0002	295.57	M ₆
O	0.1905	142.04	0.1865	147.92	O
K ₁	0.2362	161.03	0.2341	164.14	K ₁
K ₂	0.0428	139.36	0.0460	133.95	K ₂
P	0.0786	158.51	0.0784	161.72	P
J	0.0108	178.37	0.0122	168.81	J
Q	0.0387	132.64	0.0388	139.73	Q
L	0.0112	112.43	0.0103	130.25	L
N	0.0432	86.74	0.0394	94.97	N
ν	0.0087	109.01	0.0098	83.58	ν
μ	0.0070	94.52	0.0018	132.18	μ
R	0.0086	31.62	0.0193	137.57	R
T	0.0074	199.84	0.0160	135.62	T
MS	0.0093	90.06	0.0088	93.33	MS
2SM	0.0068	26.52	0.0060	69.35	2SM
Mm	0.0059	278.93	0.0093	107.90	Mm
Mf	0.0127	196.11	0.0115	232.65	Mf
MSf	0.0027	127.40	0.0064	295.86	MSf
Sa	0.1483	176.00	0.0699	181.72	Sa
Ssa	0.0311	207.58	0.0284	264.11	Ssa

OTARU.

Long. $141^{\circ} 01' \text{ E.}$, Lat. $43^{\circ} 13' \text{ N.}$

This is one of the two permanent observatories belonging to the Land Survey Department on the coast of Hokkaido, and the first site was situated near the pier of Otaru. The first record was obtained on the ninth of October in the year 1901, and the registration was continued for four years, till the eighth of September in the year 1905. At that time, the observatory was closed for a time, to move the building, according to a request from the Hokkaido Coal-mine Railway Co., on account of some unavoidable necessity to them. The above written geographical co-ordinates are those of the old site.

A new site was chosen in the Bay of Oshoro, near its mouth, and its approximate co-ordinates are

Long. $140^{\circ} 51' \text{ E.}$, Lat. $43^{\circ} 13' \text{ N.}$

We have only reduced the marigrams obtained at the old observatory, and the new series will be postponed till the next report.

The highest high-water recorded in those years was 2.64, referred to the zero-point of the instrument, and occurred on September 23, 1904. The lowest low-water recorded was 3.83, referred to the same origin, and occurred on March 18, 1904. Then the extreme range is 1.19 metres.

The height of the mean sea-level, referred to the zero-point of the instrument, is obtained for each year-series as follows:—

1902	^m 3.248
1903	3.242

Harmonic Constants at the Port of Otaru.

TIDE	1902		1903		TIDE
	H	κ	H	κ	
S ₁	^m 0.0014	^o 342.90	^m 0.0075	^o 99.96	S ₁
S ₂	0.0239	138.56	0.0187	135.87	S ₂
S ₄	0.0006	90.00	0.0005	323.13	S ₄
S ₆	0.0004	116.56	0.0002	116.57	S ₆
M ₁	0.0040	184.30	0.0049	236.13	M ₁
M ₂	0.0492	102.44	0.0385	108.10	M ₂
M ₃	0.0017	181.82	0.0025	217.73	M ₃
M ₄	0.0009	210.04	0.0015	173.92	M ₄
M ₆	0.0001	22.57	0.0007	251.29	M ₆
O	0.0490	321.34	0.0427	330.30	O
K ₁	0.0527	341.48	0.0416	351.82	K ₁
K ₂	0.0074	131.04	0.0024	117.87	K ₂
P	0.0175	340.88	0.0101	356.03	P
J	0.0011	18.89	0.0030	20.28	J
Q	0.0083	324.63	0.0115	289.82	Q
L	0.0023	146.88	0.0031	116.89	L
N	0.0112	87.00	0.0113	65.20	N
ν	0.0028	11.47	0.0016	317.44	ν
μ	0.0033	1.80	0.0036	46.40	μ
R	0.0012	32.82	0.0039	21.56	R
T	0.0011	235.36	0.0049	132.42	T
MS	0.0020	99.62	0.0012	62.88	MS
2SM	0.0020	325.31	0.0007	15.78	2SM
Mm	0.0134	334.25	0.0162	16.77	Mm
Mf	0.0338	201.24	0.0326	199.24	Mf
MSf	0.0145	72.93	0.0061	159.38	MSf
Sa	0.0853	171.73	0.0857	158.76	Sa
Ssa	0.0486	114.32	0.0856	237.21	Ssa

HANASAKI.

Long. $145^{\circ} 35' \text{ E.}$, Lat. $43^{\circ} 17' \text{ N.}$

This is one of the permanent observatories belonging to the Land Survey Department on the coast of Hokkaido, and faces the Pacific Ocean. The first registration of the tidal states took place on the first of November in the year 1895. The accompanying map shows the position of the observatory with reference to its surroundings.

The series to which the harmonic analysis has been applied and the reduction is already completed, are the five series of the year 1899, 1900, 1901, 1902 and 1897.

The highest high-water recorded in these years was 2.48, referred to the zero-point of the instrument, and occurred on December 26, 1901. The lowest low-water recorded was 4.82, referred to the same origin, and occurred on November 17, 1902. Thus, the extreme range is 2.34 in metres.

The height of the mean sea-level, referred to the zero-point of the instrument, is obtained as follows for each year-series:—

1897	3.696 ^m
1899	3.705
1900	3.659
1901	3.666
1902	3.665

Harmonic Constants at Hanasaki.

T I D E	1 8 9 7		1 8 9 9		1 9 0 0		T I D E
	H	κ	H	κ	H	κ	
S ₁	^m 0.0282	^o 25.39	^m 0.0023	^o 315.00	^m 0.0124	^o 33.18	S ₁
S ₂	0.1156	145.68	0.1235	139.20	0.1244	139.86	S ₂
S ₃	0.0015	227.73	0.0011	190.30	0.0006	141.34	S ₃
S ₆	0.0006	231.34	0.0007	164.06	0.0007	206.56	S ₆
M ₁	0.0098	143.66	0.0128	194.30	0.0104	160.01	M ₁
M ₂	0.2303	98.72	0.2754	95.31	0.2769	97.06	M ₂
M ₃	0.0027	127.83	0.0046	92.13	0.0054	104.51	M ₃
M ₄	0.0033	64.67	0.0047	90.82	0.0042	84.98	M ₄
M ₆	0.0007	31.84	0.0010	101.83	0.0006	103.92	M ₆
O	0.2112	155.58	0.2188	153.09	0.2154	154.94	O
K ₁	0.2040	167.59	0.2117	167.82	0.2107	168.59	K ₁
K ₂	0.0340	143.50	0.0309	124.09	0.0373	132.07	K ₂
P	0.0742	167.52	0.0605	166.66	0.0681	171.27	P
J	0.0114	136.92	0.0114	174.23	0.0132	162.03	J
Q	0.0474	143.49	0.0494	138.97	0.0488	142.57	Q
L	0.0186	100.93	0.0163	112.94	0.0068	109.09	L
N	0.0329	79.55	0.0319	64.58	0.0360	65.12	N
ν	0.0025	88.91	0.0112	107.70	0.0115	102.01	ν
μ	0.0088	110.43	0.0045	112.55	0.0042	114.70	μ
R	0.0274	134.76	0.0058	329.32	0.0030	109.07	R
T	0.0307	173.08	0.0028	92.89	0.0108	174.70	T
MS	0.0065	86.81	0.0098	96.32	0.0086	90.70	MS
2SM	0.0032	59.26	0.0049	50.63	0.0074	41.28	2SM
Mm	0.0235	139.24	0.0245	59.64	0.0166	115.24	Mm
Mf	0.0140	216.83	0.0169	123.97	0.0234	182.98	Mf
MSf	0.0202	101.98	0.0200	162.31	0.0052	1.92	MSf
Sa	0.0424	193.79	0.0723	199.83	0.0231	199.86	Sa
Ssa	0.0116	184.49	0.0230	217.80	0.0420	257.68	Ssa

Harmonic Constants at Hanasaki.

TIDE	1901		1902		TIDE
	H	κ	H	κ	
S_1	$\overset{m}{0.0136}$	$\overset{o}{34.85}$	$\overset{m}{0.0016}$	$\overset{o}{345.96}$	S_1
S_2	0.1274	133.51	0.1200	133.75	S_2
S_4	0.0005	158.20	0.0013	225.00	S_4
S_6	0.0009	186.34	0.0006	141.34	S_6
M_1	0.0138	136.64	0.0056	302.01	M_1
M_2	0.2797	90.89	0.2773	91.73	M_2
M_3	0.0056	92.20	0.0051	80.36	M_3
M_4	0.0028	78.38	0.0022	114.51	M_4
M_6	0.0006	81.95	0.0002	139.14	M_6
O	0.2228	151.43	0.2237	152.69	O
K_1	0.2137	164.70	0.2056	164.96	K_1
K_2	0.0350	119.62	0.0359	132.72	K_2
P	0.0717	165.32	0.0738	161.95	P
J	0.0172	156.80	0.0113	164.73	J
Q	0.0480	137.05	0.0519	138.76	Q
L	0.0082	87.06	0.0097	134.28	L
N	0.0345	64.35	0.0373	67.96	N
ν	0.0110	32.51	0.0068	350.72	ν
μ	0.0048	116.39	0.0041	94.15	μ
R	0.0026	82.54	0.0055	333.85	R
T	0.0123	176.83	0.0093	85.91	T
MS	0.0082	81.03	0.0068	88.05	MS
2SM	0.0053	68.04	0.0059	37.03	2SM
Mm	0.0037	113.79	0.0033	299.60	Mm
Mf	0.0201	186.56	0.0213	148.38	Mf
MSf	0.0027	352.29	0.0110	88.86	MSf
Sa	0.0500	234.21	0.0184	337.13	Sa
Ssa	0.0386	238.17	0.0279	223.02	Ssa

Mean Values of Harmonic Constants (China Sea & Eastern Sea.)

Station	Takaw		Kiirun		Fukabori		Station
No. of Years	2		4		5		No. of Years
TIDE	H	κ	H	κ	H	κ	TIDE
S_1	^m 0.0045	^o 67.04	^m 0.0049	^o 91.68	^m 0.0020	^o 278.41	S_1
S_2	0.0626	247.55	0.0511	281.02	0.3740	266.93	S_2
S_4	0.0004	320.66	0.0015	330.30	0.0016	160.35	S_4
S_6	0.0004	125.79	0.0004	106.70	0.0007	226.59	S_6
M_1	0.0096	261.34	0.0093	228.03	0.0096	165.97	M_1
M_2	0.1539	243.16	0.1915	290.27	0.8377	239.69	M_2
M_3	0.0026	255.08	0.0058	174.80	0.0098	282.22	M_3
M_4	0.0009	221.20	0.0089	299.81	0.0109	337.91	M_4
M_6	0.0019	39.09	0.0034	255.80	0.0031	196.49	M_6
O	0.1516	256.24	0.1534	204.73	0.1981	190.56	O
K_1	0.1562	294.99	0.1853	229.81	0.2555	212.17	K_1
K_2	0.0165	256.67	0.0135	267.68	0.1023	262.81	K_2
P	0.0523	291.13	0.0305	228.33	0.0842	206.76	P
J	0.0046	310.05	0.0098	247.31	0.0157	227.11	J
Q	0.0293	244.62	0.0312	190.24	0.0407	180.47	Q
L	0.0064	221.08	0.0115	26.84	0.0242	217.10	L
N	0.0342	237.31	0.0514	264.30	0.1562	233.51	N
ν	0.0102	265.71	0.0146	294.49	0.0355	197.71	ν
μ	0.0025	160.41	0.0260	153.67	0.0348	231.55	μ
R	0.0016	244.84	0.0050	170.48	0.0131	195.58	R
T	0.0051	231.11	0.0048	262.82	0.0249	260.92	T
MS	0.0059	225.52	0.0140	298.49	0.0170	216.65	MS
2SM	0.0027	253.42	0.0064	254.08	0.0145	269.62	2SM
Mm	0.0121	348.09	0.0115	26.34	0.0097	95.30	Mm
Mf	0.0074	347.93	0.0133	53.19	0.0134	189.90	Mf
MSf	0.0078	59.55	0.0078	11.63	0.0127	27.81	MSf
Sa	0.1198	146.88	0.1262	134.94	0.1695	148.61	Sa
Ssa	0.0227	352.19	0.0319	302.35	0.0273	349.32	Ssa

Mean Values of Harmonic Constants (Pacific Ocean.)

Station	Hosojima		Kushimoto		Aburatsubo		Station
No. of Years	4		5		5		No. of Years
T I D E	H	κ	H	κ	H	κ	T I D E
S_1	$\overset{m}{0.0099}$	$\overset{o}{59.86}$	$\overset{m}{0.0059}$	$\overset{o}{9.01}$	$\overset{m}{0.0089}$	$\overset{o}{45.75}$	S_1
S_2	0.2095	213.70	0.2049	196.91	0.1674	172.53	S_2
S_4	0.0015	64.93	0.0009	143.45	0.0011	153.99	S_4
S_6	0.0005	195.37	0.0006	154.93	0.0006	173.05	S_6
M_1	0.0074	196.24	0.0097	152.68	0.0115	156.12	M_1
M_2	0.4972	188.26	0.4567	172.68	0.3519	142.30	M_2
M_3	0.0076	200.46	0.0051	198.30	0.0046	136.04	M_3
M_4	0.0076	319.69	0.0010	195.26	0.0026	85.29	M_4
M_6	0.0022	330.70	0.0009	99.69	0.0009	22.17	M_6
O	0.1528	174.65	0.1671	164.81	0.1794	155.16	O
K_1	0.1991	195.98	0.2194	187.10	0.2290	175.44	K_1
K_2	0.0652	199.42	0.0567	193.34	0.0439	167.71	K_2
P	0.0635	197.78	0.0748	182.03	0.0779	173.59	P
J	0.0112	213.45	0.0121	206.41	0.0125	181.81	J
Q	0.0329	167.22	0.0355	157.10	0.0380	148.41	Q
L	0.0184	173.30	0.0157	172.58	0.0200	176.80	L
N	0.0923	183.87	0.0840	169.46	0.0593	140.57	N
ν	0.0192	149.19	0.0186	158.14	0.0132	103.58	ν
μ	0.0163	182.26	0.0125	167.35	0.0095	129.62	μ
R	0.0172	190.02	0.0061	121.47	0.0107	158.61	R
T	0.0213	226.77	0.0163	192.52	0.0172	182.89	T
MS	0.0083	172.01	0.0139	155.20	0.0125	125.51	MS
2SM	0.0100	327.67	0.0081	343.02	0.0073	9.84	2SM
Mm	0.0196	281.09	0.0156	182.58	0.0405	180.48	Mm
Mf	0.0094	159.16	0.0121	201.54	0.0126	93.42	Mf
MSf	0.0130	77.13	0.0113	52.04	0.0137	99.13	MSf
Sa	0.1366	148.11	0.1459	165.66	0.0924	175.17	Sa
Ssa	0.0475	42.05	0.0382	341.84	0.0208	207.52	Ssa

Mean Values of Harmonic Constants (Pacific Ocean.)

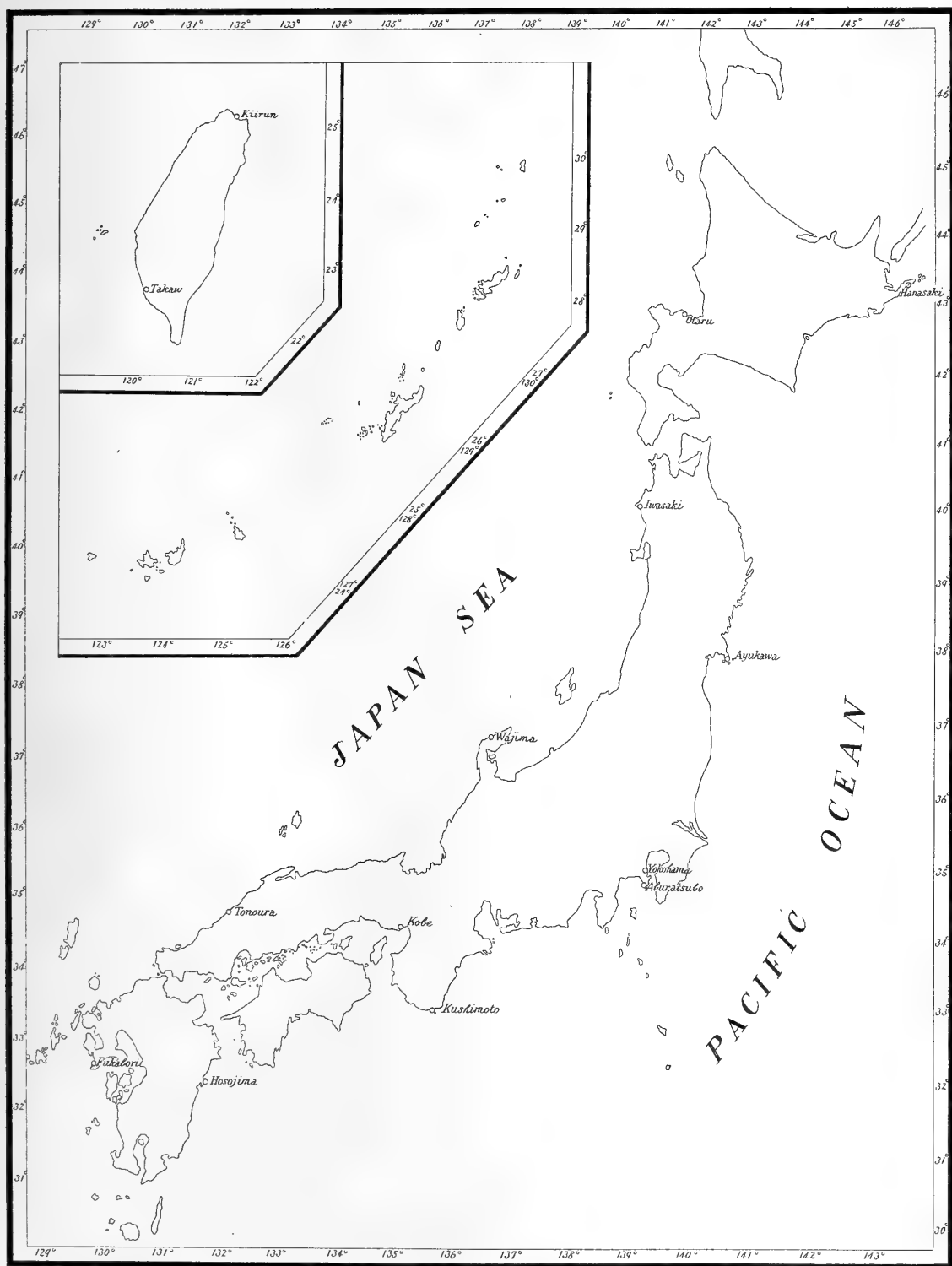
Station	Yokohama		Ayukawa		Hanasaki		Station
No. of Years	6		5		5		No. of Years
T I D E	H	κ	H	κ	H	κ	T I D E
S_1	$\overset{m}{0.0066}$	$\overset{o}{81.85}$	$\overset{m}{0.0077}$	$\overset{o}{24.62}$	$\overset{m}{0.0116}$	$\overset{o}{6.88}$	S_1
S_2	0.2274	175.81	0.1437	138.90	0.1224	138.40	S_2
S_4	0.0014	121.81	0.0009	185.91	0.0010	188.51	S_4
S_6	0.0008	43.42	0.0006	137.12	0.0007	185.93	S_6
M_1	0.0101	191.38	0.0087	169.22	0.0105	187.32	M_1
M_2	0.4666	144.88	0.3117	102.37	0.2743	94.74	M_2
M_3	0.0107	147.28	0.0061	94.66	0.0047	99.41	M_3
M_4	0.0148	78.37	0.0024	91.47	0.0034	86.67	M_4
M_6	0.0016	75.15	0.0006	275.03	0.0006	91.74	M_6
O	0.1926	154.47	0.1899	145.36	0.2187	153.55	O
K_1	0.2490	175.06	0.2376	163.46	0.2094	166.73	K_1
K_2	0.0614	171.91	0.0383	135.21	0.0347	130.40	K_2
P	0.0822	172.07	0.0732	160.00	0.0698	166.54	P
J	0.0129	190.61	0.0120	174.39	0.0129	158.94	J
Q	0.0402	147.80	0.0409	136.71	0.0492	140.17	Q
L	0.0156	161.41	0.0128	126.83	0.0119	108.86	L
N	0.0693	138.51	0.0446	88.60	0.0346	68.31	N
ν	0.0183	134.31	0.0085	95.92	0.0086	64.37	ν
μ	0.0150	169.37	0.0058	113.92	0.0053	109.64	μ
R	0.0043	352.50	0.0091	46.41	0.0089	53.91	R
T	0.0137	156.49	0.0087	181.81	0.0132	140.68	T
MS	0.0309	114.01	0.0091	94.51	0.0080	88.58	MS
2SM	0.0097	359.50	0.0071	42.82	0.0053	51.25	2SM
Mm	0.0183	285.82	0.0081	186.14	0.0143	73.50	Mm
Mf	0.0153	160.78	0.0099	151.06	0.0191	171.74	Mf
MSf	0.0057	90.91	0.0071	197.20	0.0118	69.47	MSf
Sa	0.1049	167.53	0.1154	176.01	0.0413	232.97	Sa
Ssa	0.0225	184.83	0.0290	214.04	0.0286	224.23	Ssa

Mean Values of Harmonic Constants (Japan Sea.)

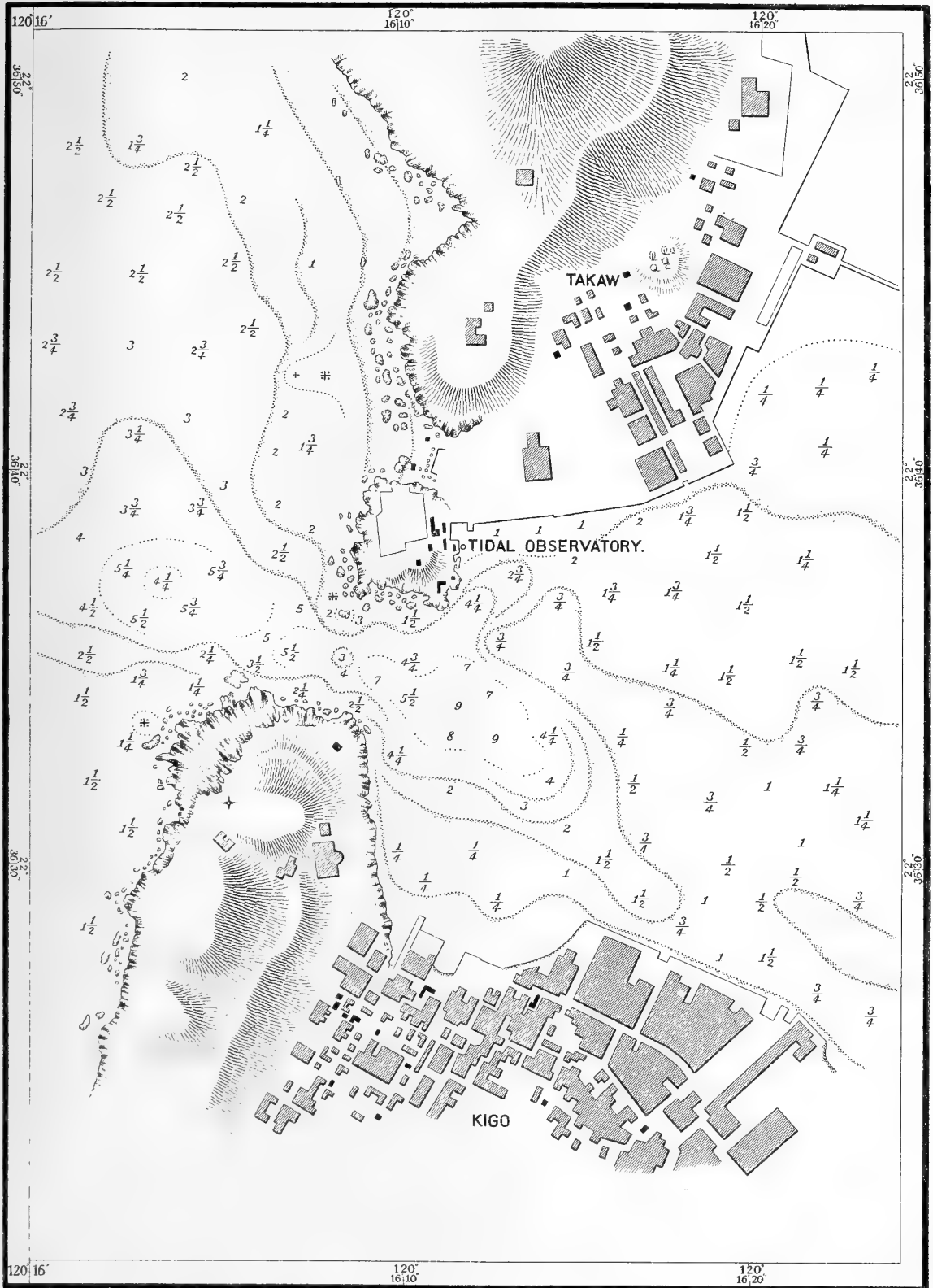
Station	Tonoura		Wajima		Iwasaki		Station
No. of Years	6		5		6		No. of Years
TIDE	H	κ	H	κ	H	κ	TIDE
S_1	$\overset{m}{0.0028}$	$\overset{o}{325.62}$	$\overset{m}{0.0034}$	$\overset{o}{356.63}$	$\overset{m}{0.0034}$	$\overset{o}{351.62}$	S_1
S_2	0.0399	12.05	0.0214	103.32	0.0218	126.48	S_2
S_4	0.0008	280.44	0.0004	131.58	0.0002	146.93	S_4
S_6	0.0006	305.41	0.0004	127.89	0.0003	114.00	S_6
M_1	0.0034	14.74	0.0030	298.64	0.0022	10.99	M_1
M_2	0.0817	330.95	0.0595	75.02	0.0535	90.98	M_2
M_3	0.0037	20.81	0.0004	313.36	0.0012	189.47	M_3
M_4	0.0021	230.02	0.0014	38.02	0.0010	26.60	M_4
M_6	0.0010	183.55	0.0003	7.64	0.0007	186.36	M_6
O	0.0839	301.04	0.0523	316.69	0.0517	323.44	O
K_1	0.0695	353.44	0.0519	344.23	0.0518	349.65	K_1
K_2	0.0102	3.65	0.0053	100.70	0.0067	117.80	K_2
P	0.0237	353.21	0.0171	339.98	0.0177	342.46	P
J	0.0029	347.10	0.0023	335.96	0.0023	4.96	J
Q	0.0196	300.34	0.0111	298.07	0.0100	306.29	Q
L	0.0025	350.13	0.0015	118.22	0.0007	83.50	L
N	0.0191	349.59	0.0156	57.91	0.0129	70.71	N
ν	0.0043	0.07	0.0032	68.31	0.0023	84.48	ν
μ	0.0062	342.15	0.0032	20.70	0.0034	37.24	μ
R	0.0016	342.82	0.0013	76.85	0.0012	54.38	R
T	0.0026	32.99	0.0013	115.03	0.0015	135.21	T
MS	0.0043	267.96	0.0035	62.99	0.0027	89.88	MS
2SM	0.0019	176.94	0.0012	68.27	0.0009	53.27	2SM
Mm	0.0116	347.80	0.0149	341.00	0.0167	62.96	Mm
Mf	0.0139	183.81	0.0242	189.59	0.0277	208.55	Mf
MSf	0.0115	266.37	0.0115	187.76	0.0116	81.55	MSf
Sa	0.1846	151.48	0.1663	164.88	0.1281	168.37	Sa
Ssa	0.0217	199.36	0.0383	216.88	0.0361	206.76	Ssa

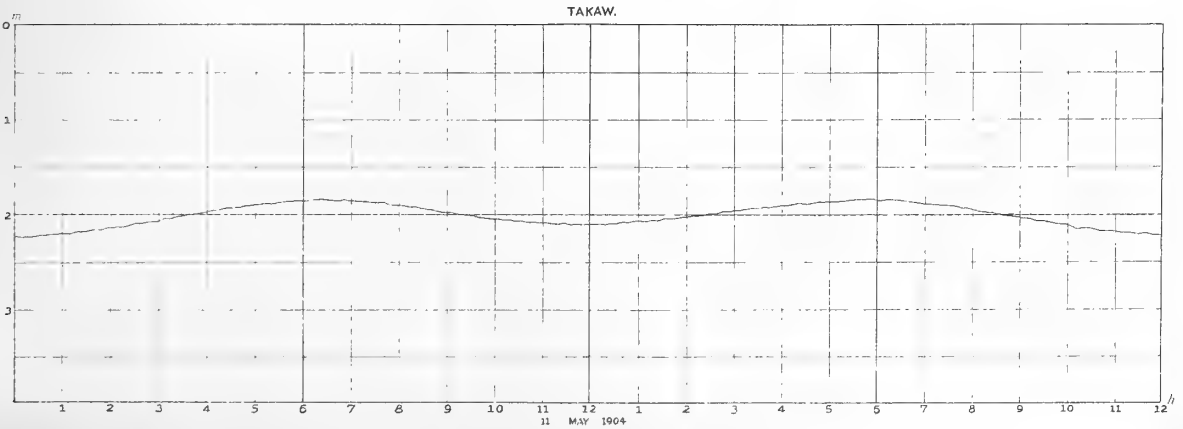
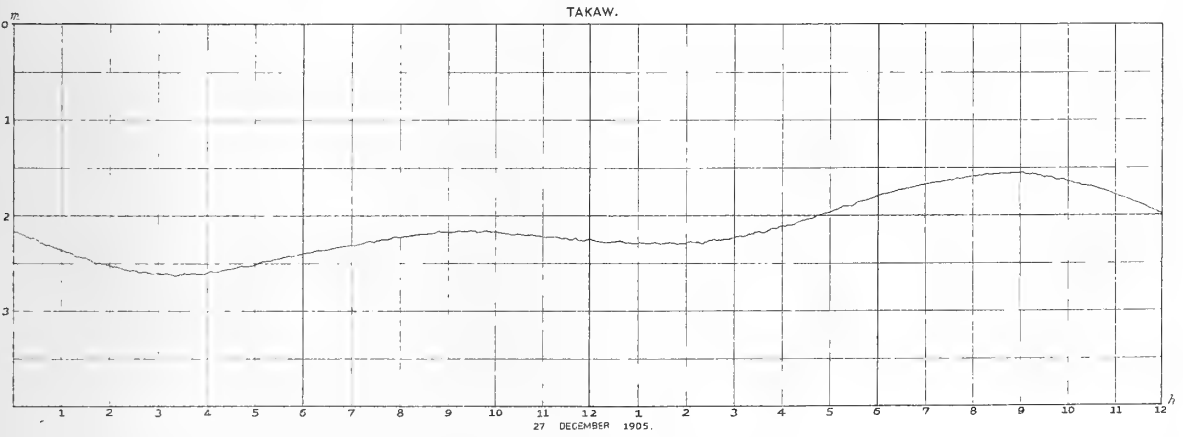
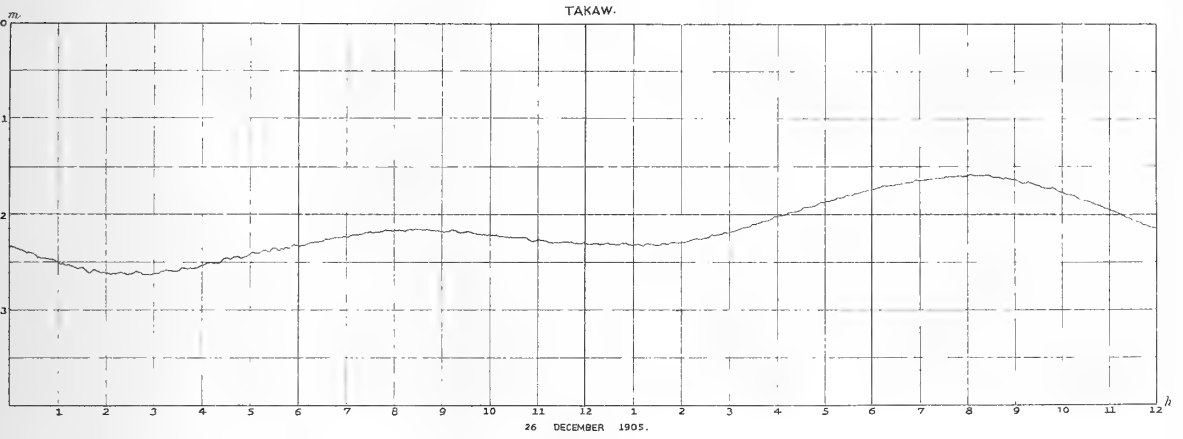
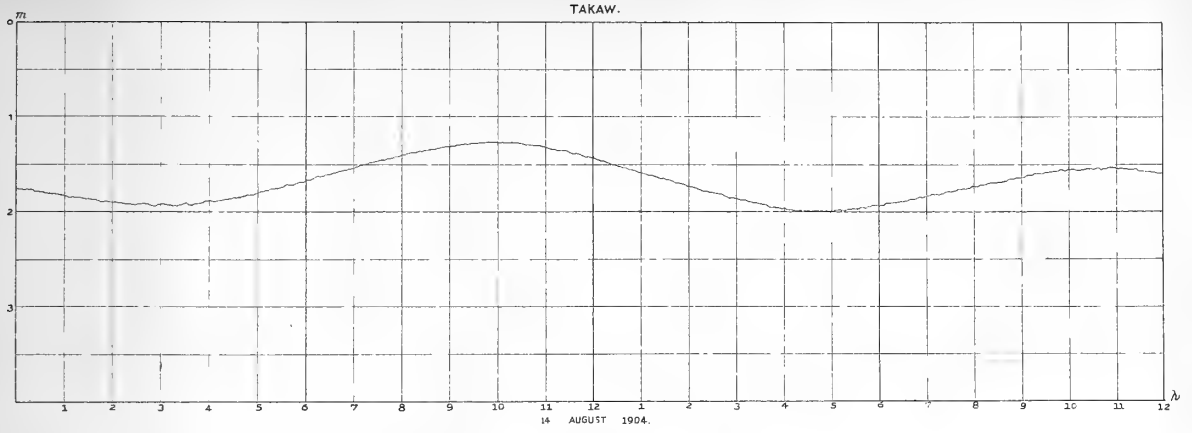
Mean Values of Harmonic Constants (Japan Sea & Seto Inland Sea.)

Station	Otaru		Kobe		Station
No. of Years	2		6		No. of Years
T I D E	H	κ	H	κ	T I D E
S_1	^m 0.0045	^o 41.43	^m 0.0098	^o 67.66	S_1
S_2	0.0213	137.22	0.1733	228.83	S_2
S_4	0.0006	26.57	0.0009	166.13	S_4
S_6	0.0003	116.57	0.0007	41.91	S_6
M_1	0.0045	210.22	0.0089	238.87	M_1
M_2	0.0439	105.27	0.3050	211.61	M_2
M_3	0.0021	199.78	0.0078	232.30	M_3
M_4	0.0012	191.98	0.0119	58.69	M_4
M_6	0.0004	316.93	0.0126	233.18	M_6
O	0.0459	325.82	0.1919	180.35	O
K_1	0.0472	346.65	0.2555	204.38	K_1
K_2	0.0049	124.46	0.0448	229.54	K_2
P	0.0138	348.46	0.0801	200.00	P
J	0.0021	19.59	0.0116	228.06	J
Q	0.0099	307.23	0.0374	170.49	Q
L	0.0027	131.89	0.0124	325.01	L
N	0.0113	76.10	0.0636	205.37	N
ν	0.0022	344.46	0.0116	204.42	ν
μ	0.0035	24.10	0.0448	163.55	μ
R	0.0026	27.19	0.0080	194.15	R
T	0.0030	183.89	0.0149	237.92	T
MS	0.0016	81.25	0.0112	142.26	MS
2SM	0.0014	350.55	0.0132	278.21	2SM
Mm	0.0148	355.51	0.0122	349.17	Mm
Mf	0.0332	200.24	0.0196	149.24	Mf
MSf	0.0103	116.16	0.0086	123.91	MSf
Sa	0.0855	165.25	0.1702	149.27	Sa
Ssa	0.0671	175.77	0.0332	305.87	Ssa

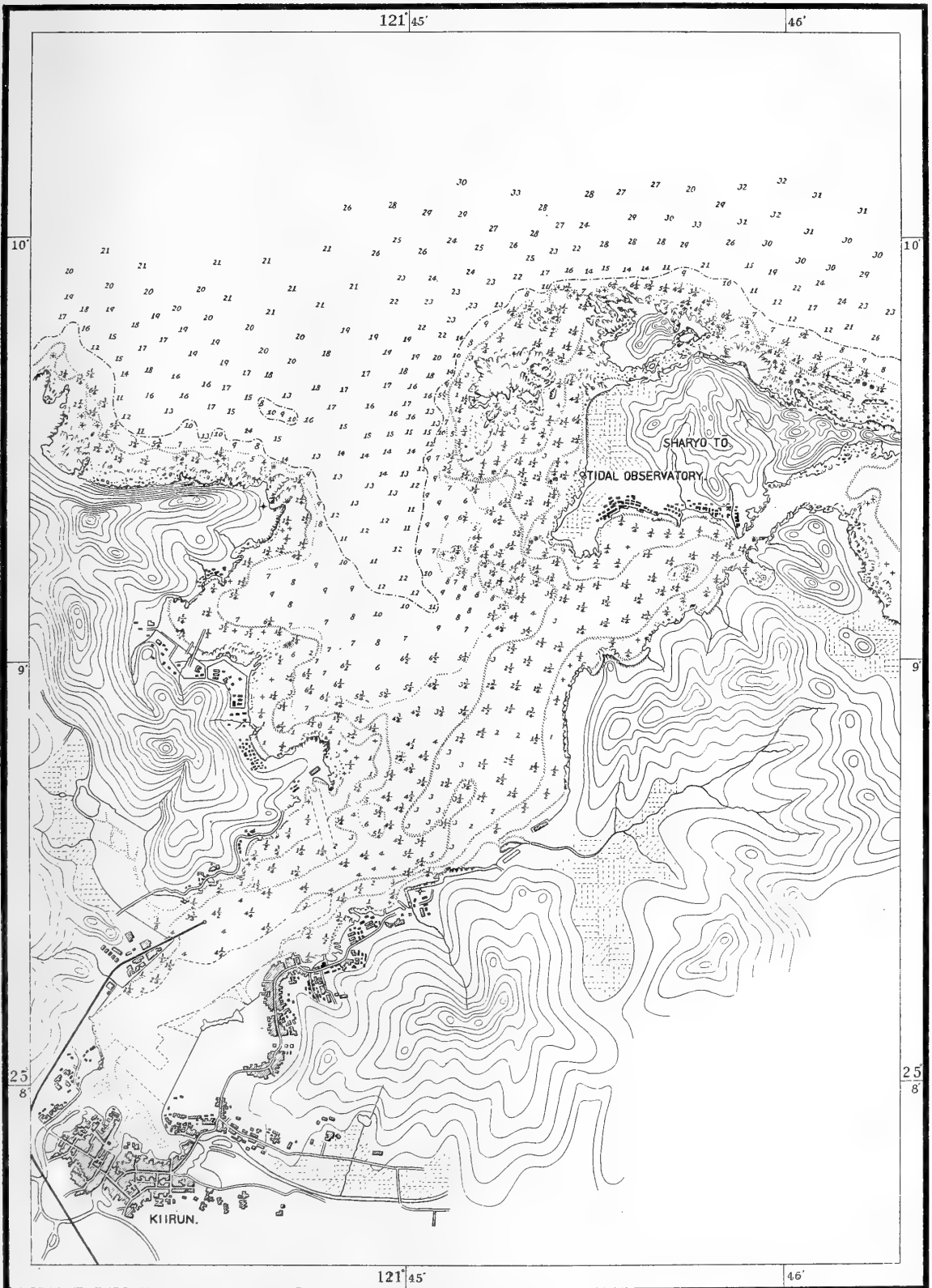


TAKAW

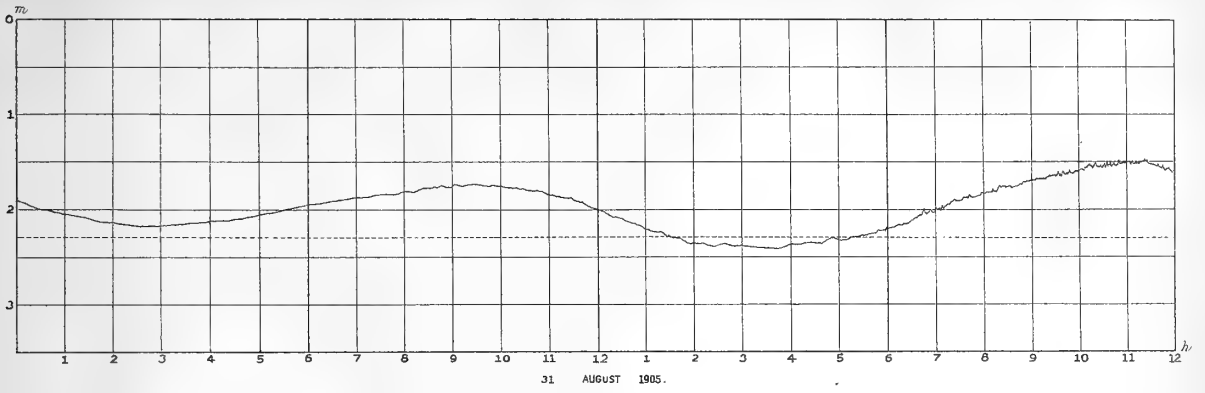




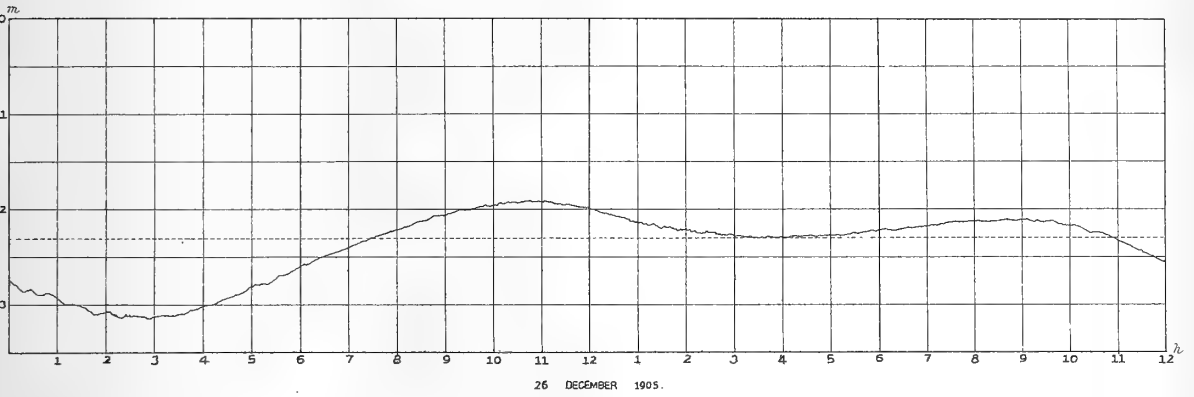
KIIRUN



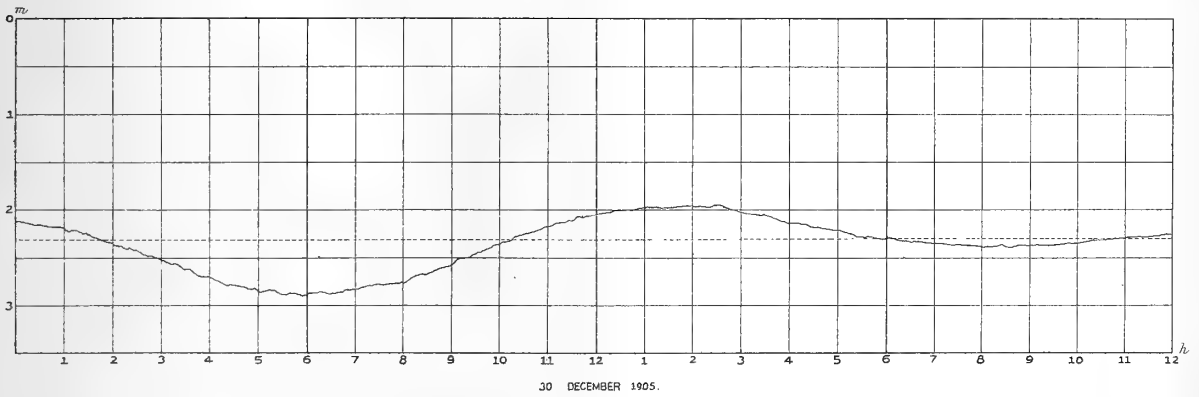
KIIRUN.



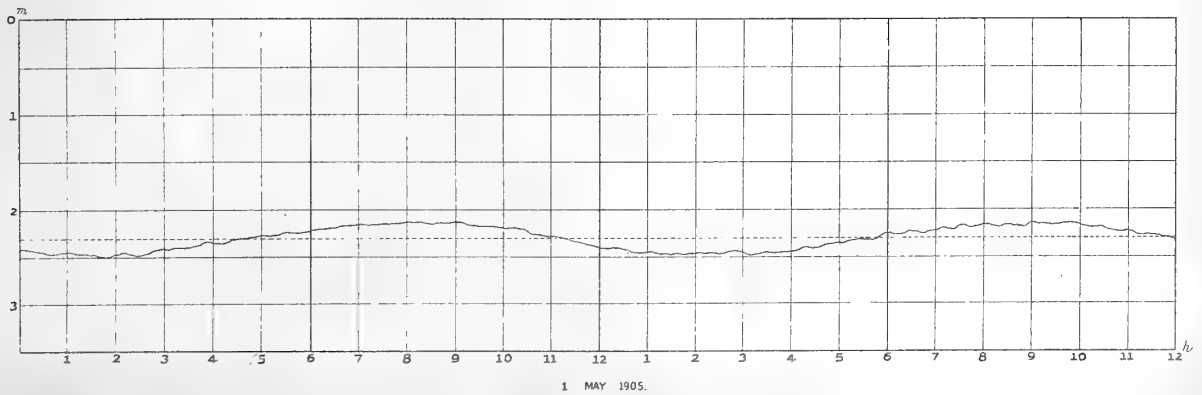
KIIRUN.



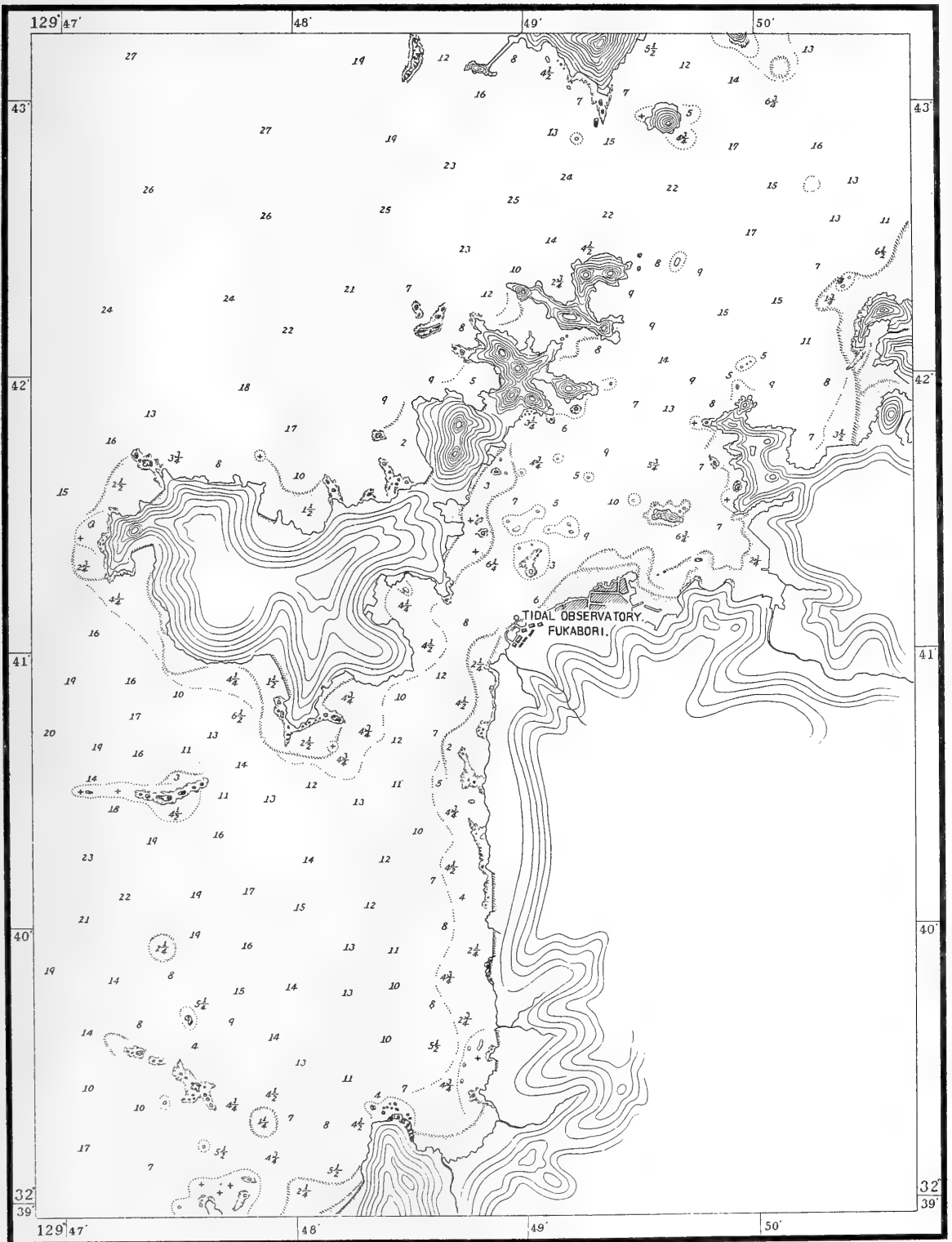
KIIRUN.

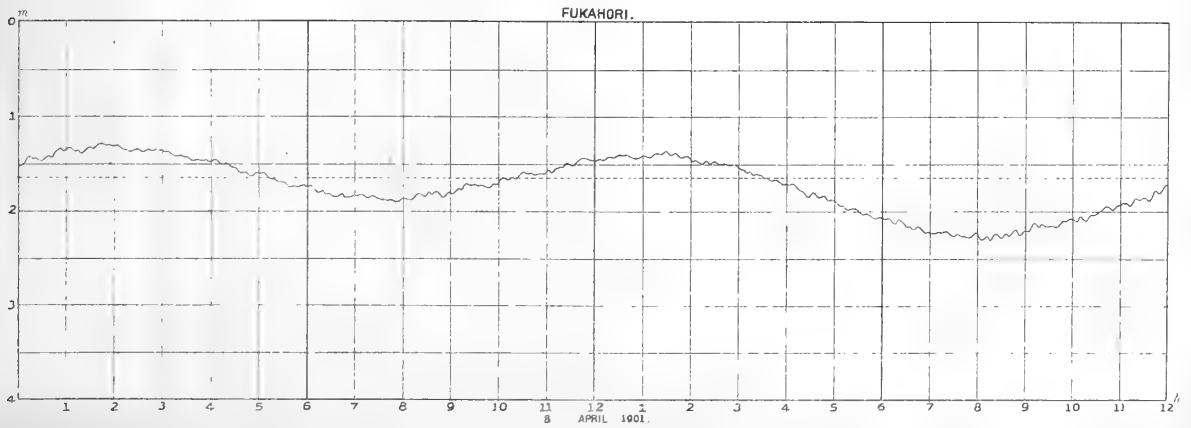
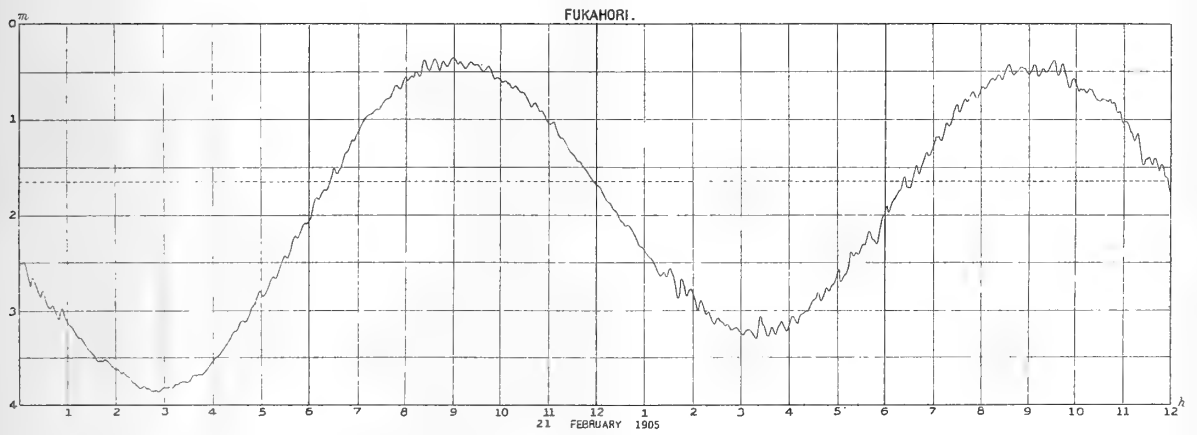
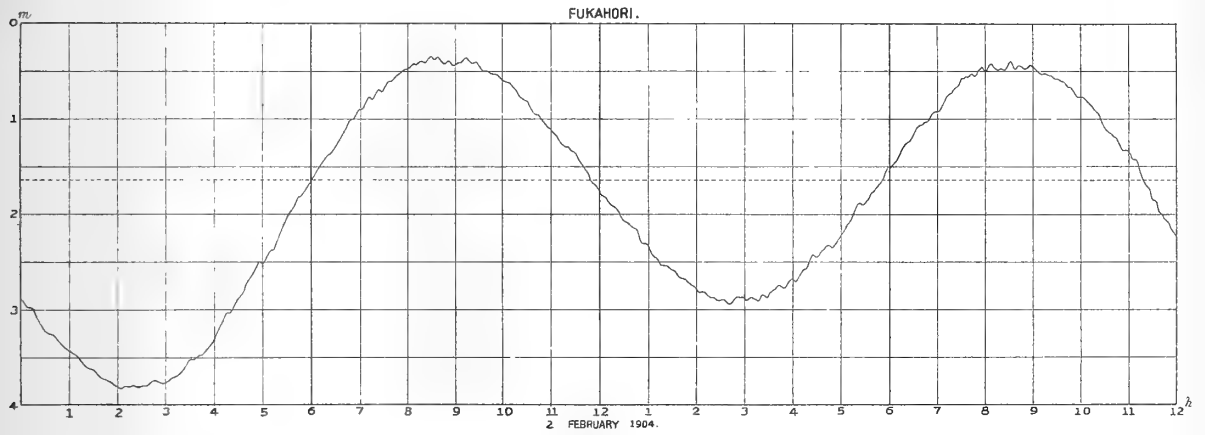
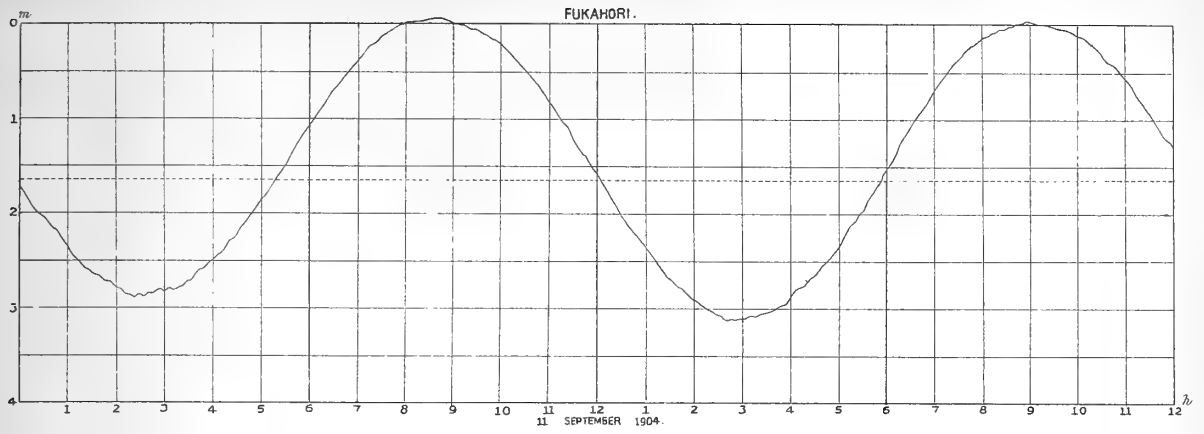


KIIRUN.



FUKABORI





HOSOJIMA

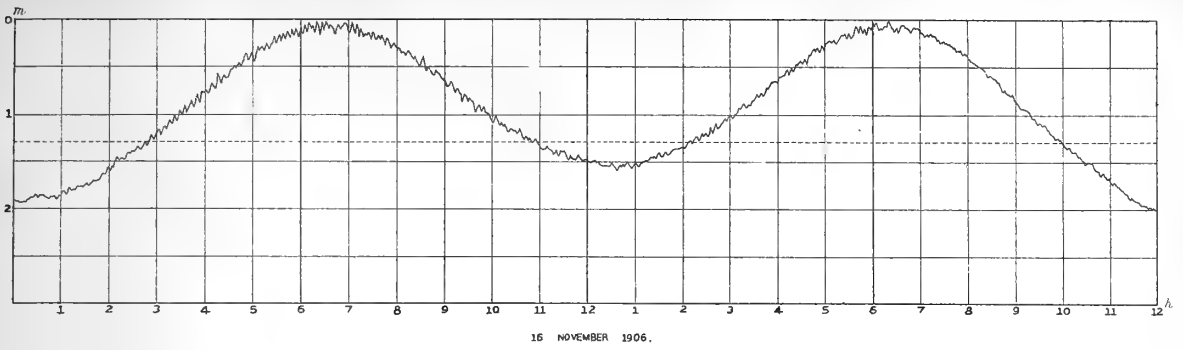


41'

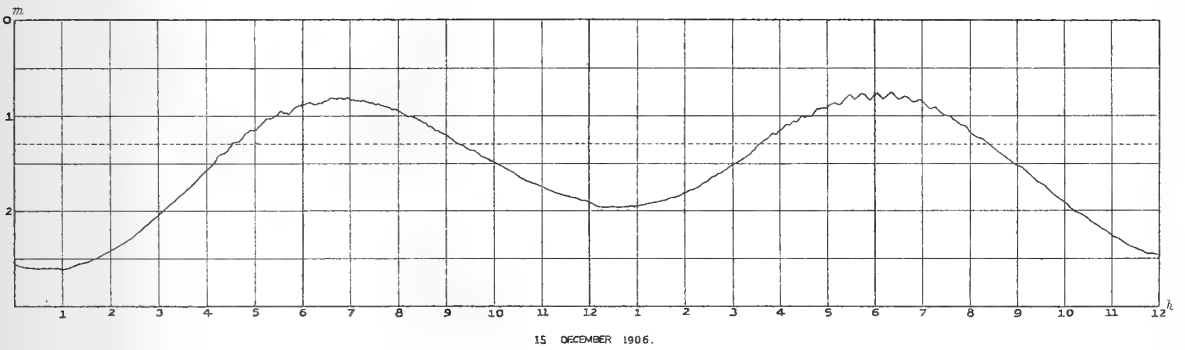
131° 40'

32° 25'

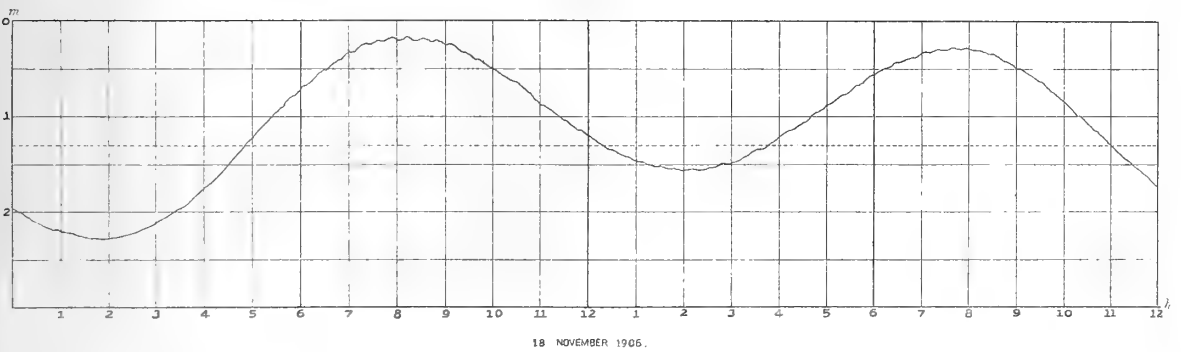
HOSOSHIMA.



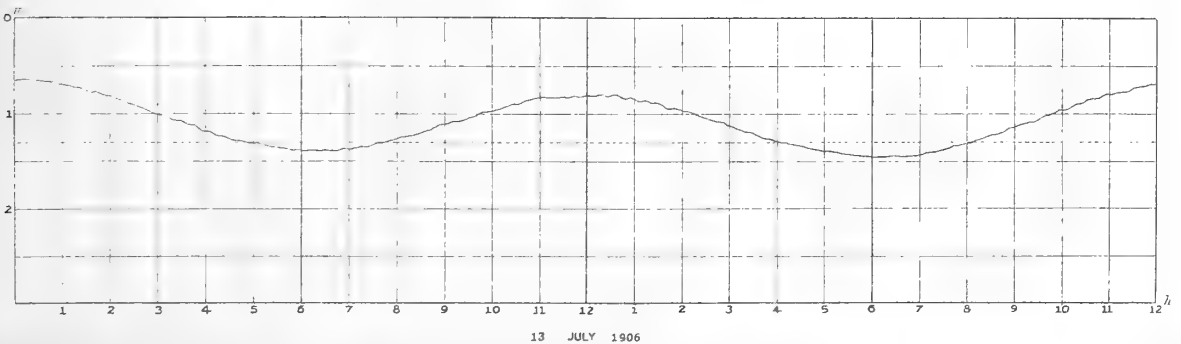
HOSOSHIMA.



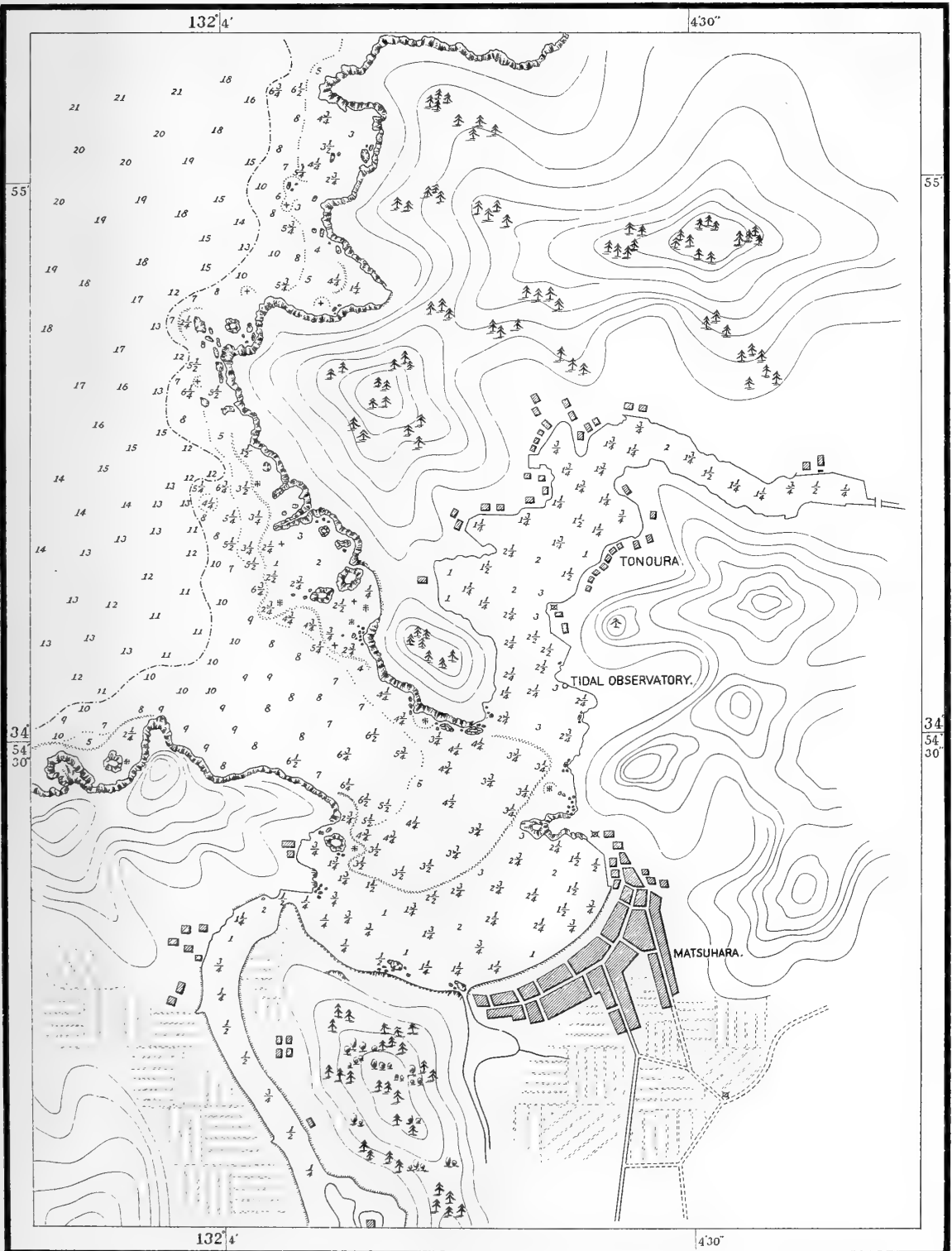
HOSOSHIMA.



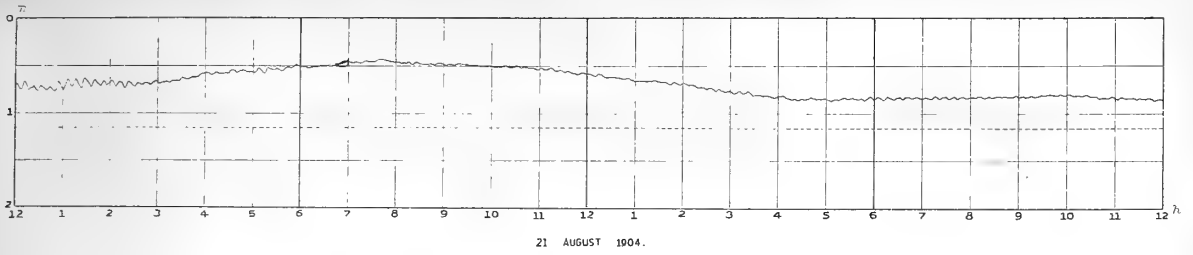
HOSOSHIMA.



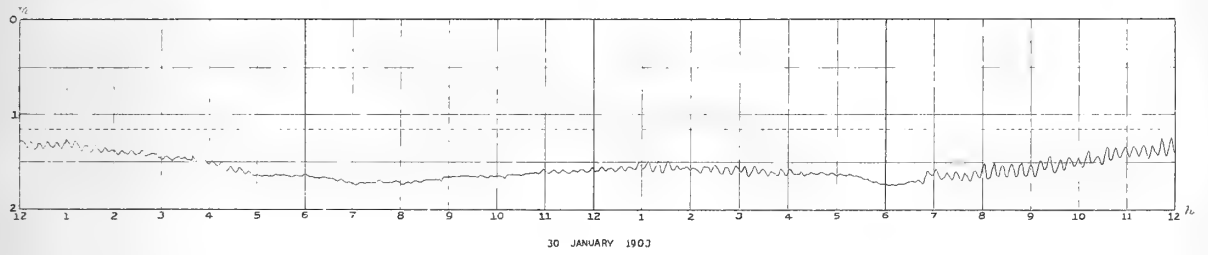
TONOURA



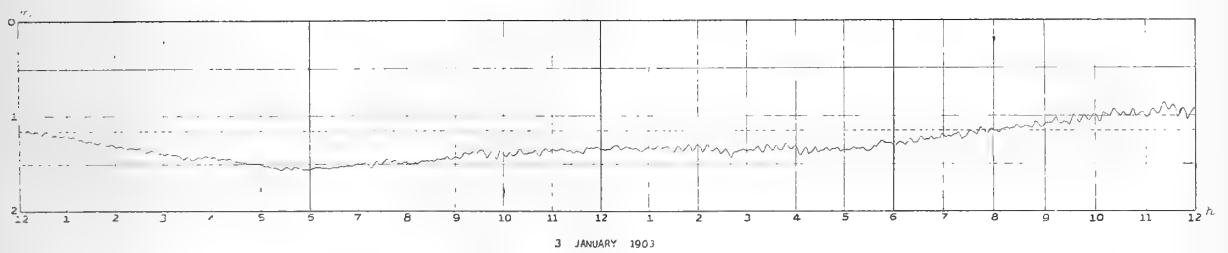
TONOURA.



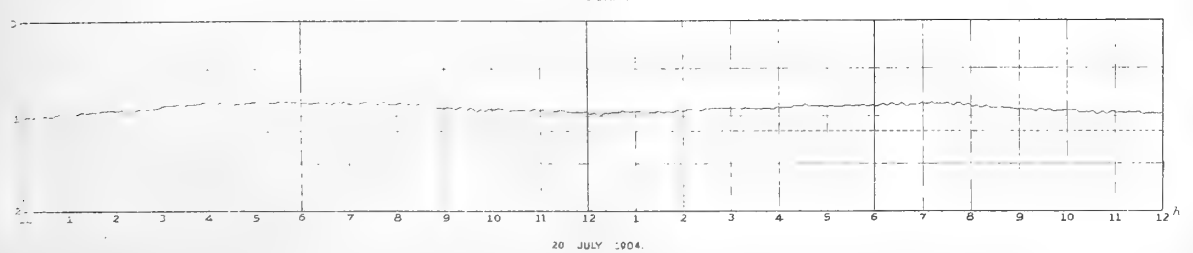
TONOURA.



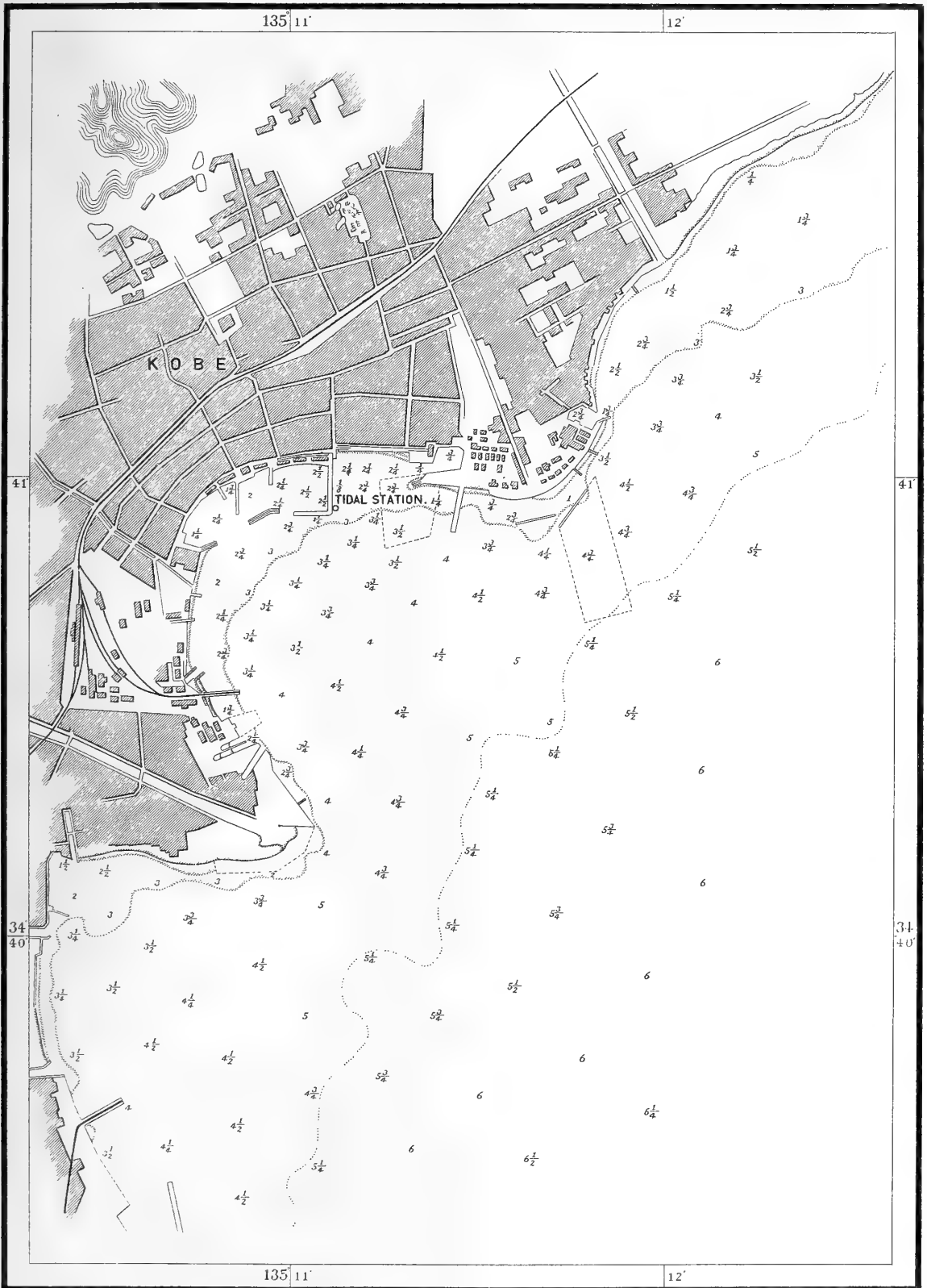
TONOURA.



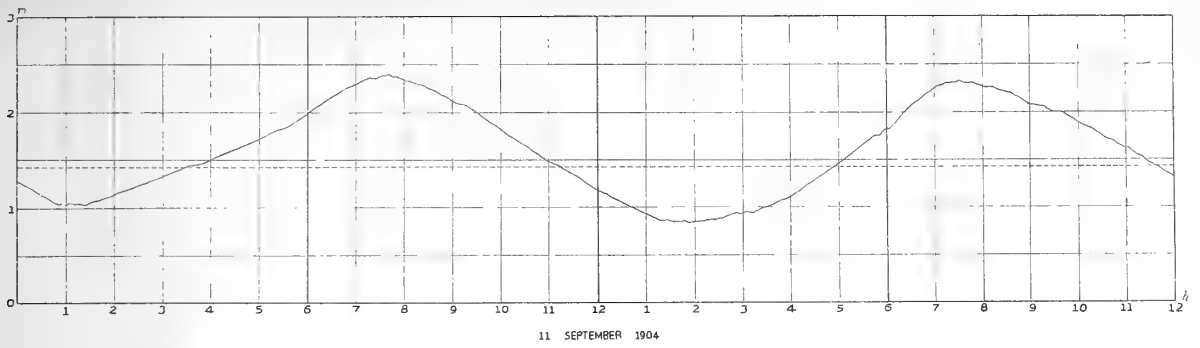
TONOURA.



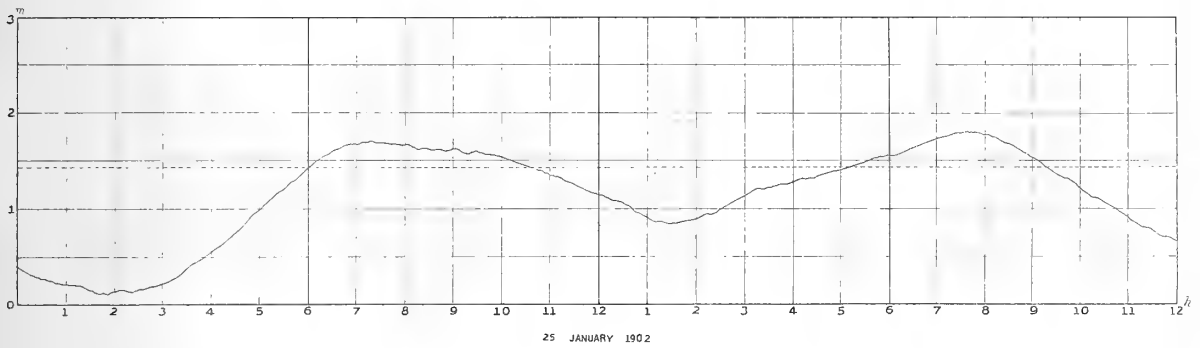




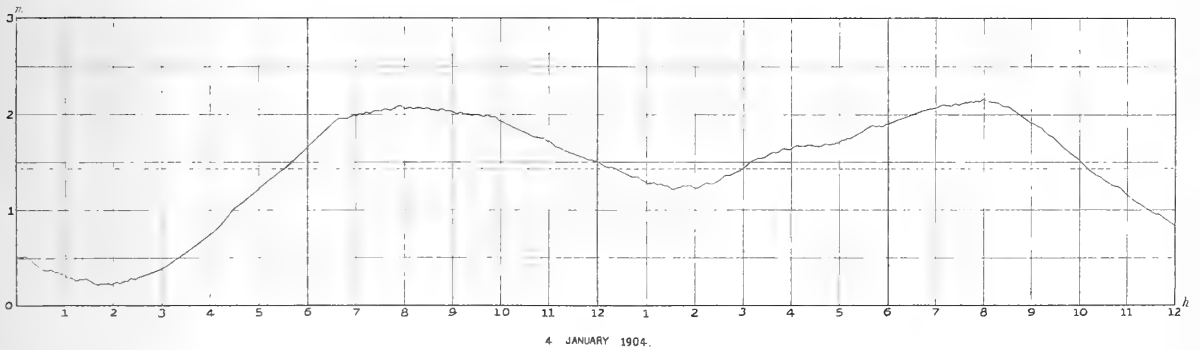
KOBE.



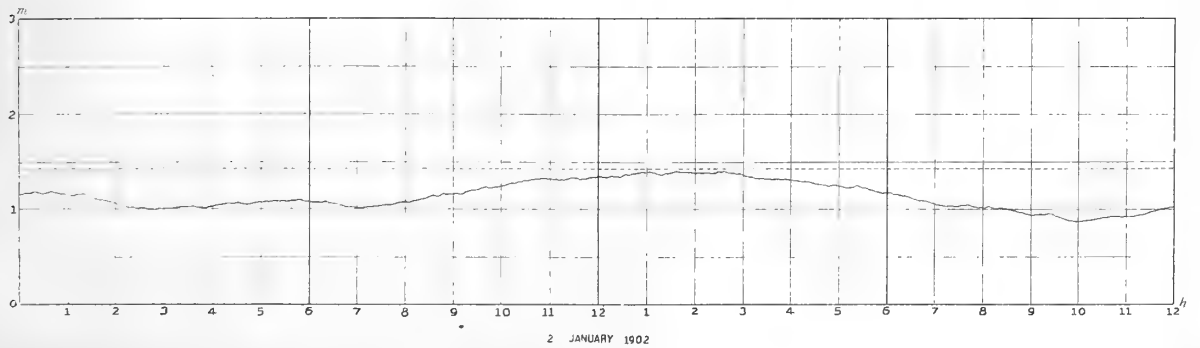
KOBE.



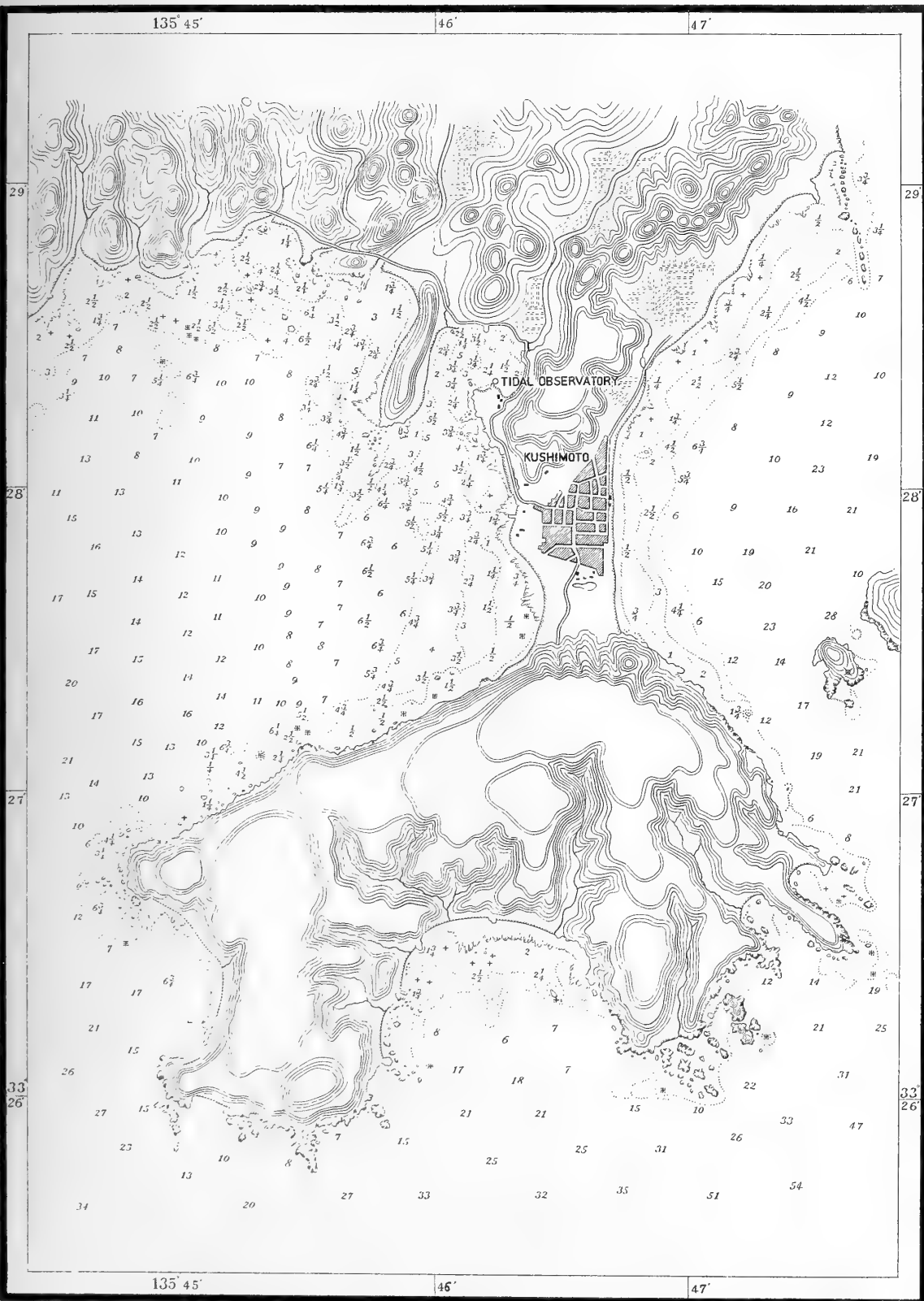
KOBE.



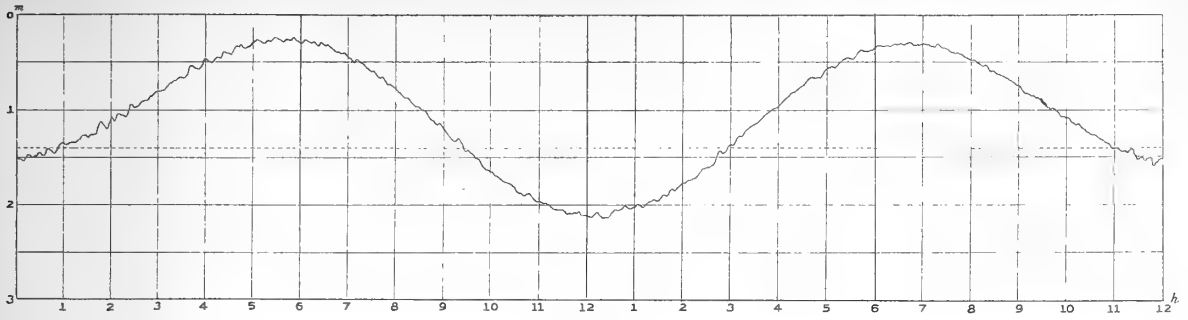
KOBE.



KUSHIMOTO

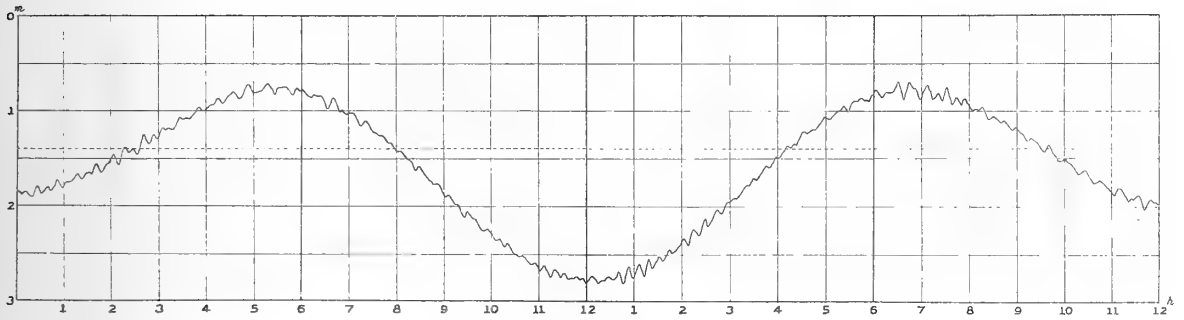


KUSHIMOTO.



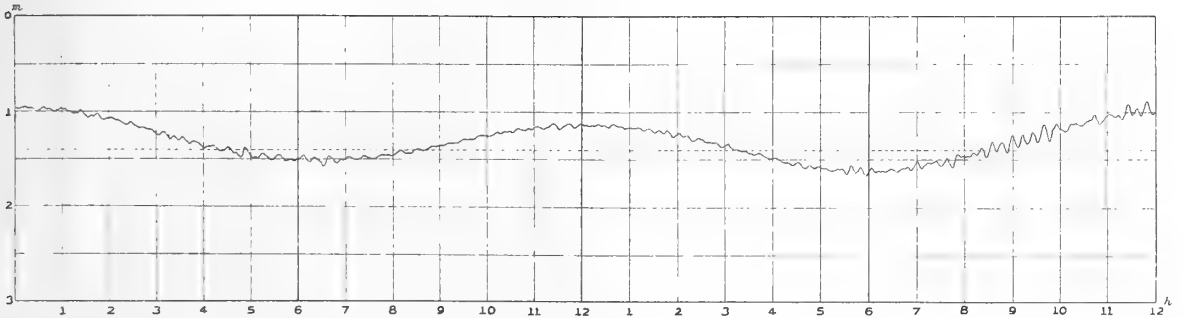
24 AUGUST 1907

KUSHIMOTO.



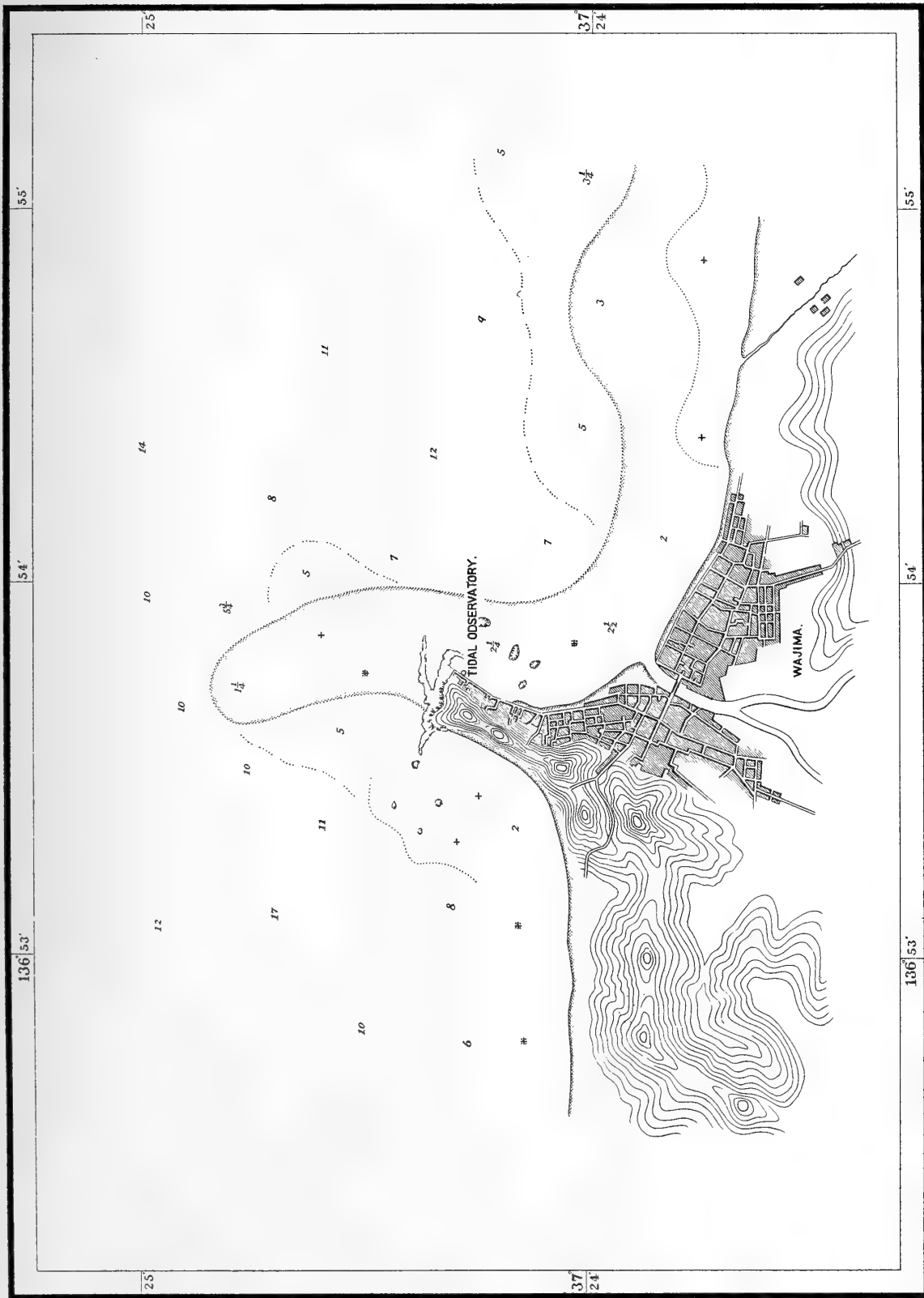
FEBRUARY 1904.

KUSHIMOTO.

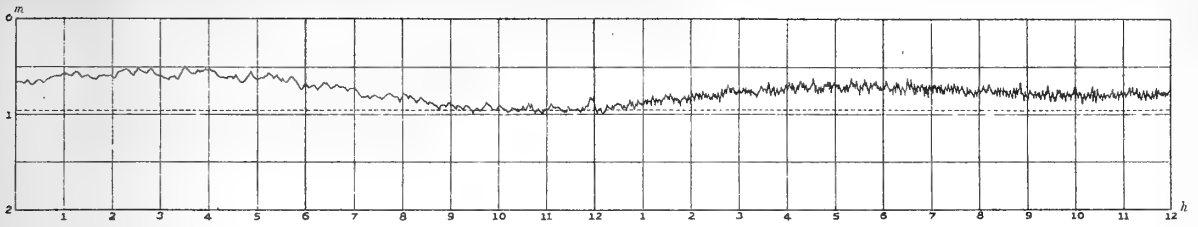


7 JUNE 1904.

WAJIMA

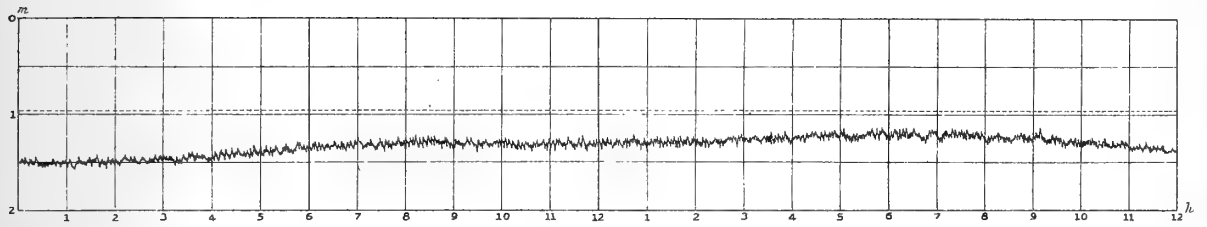


WAJIMA.



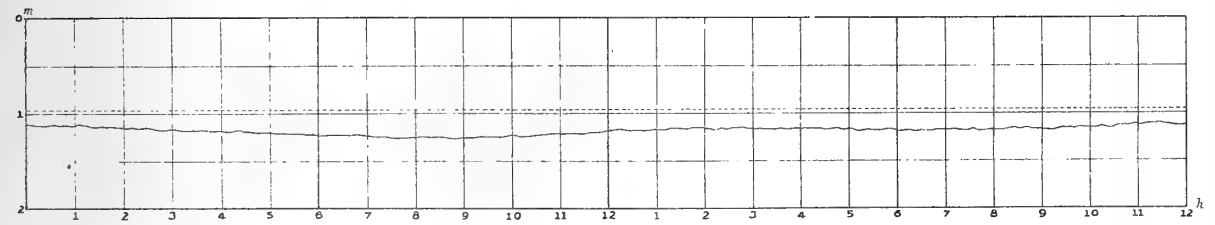
29 NOVEMBER 1905.

WAJIMA.



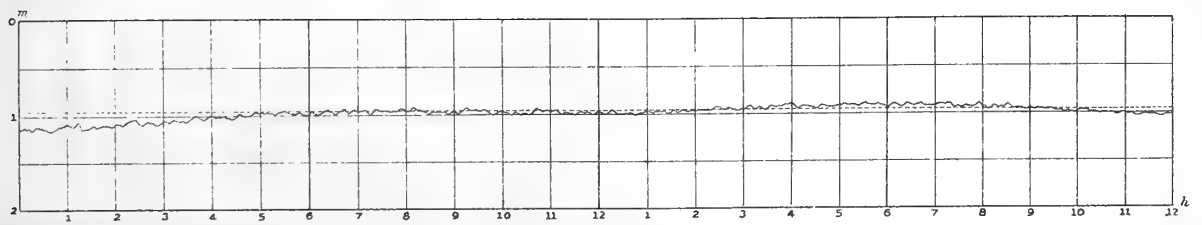
27 MARCH 1905.

WAJIMA.



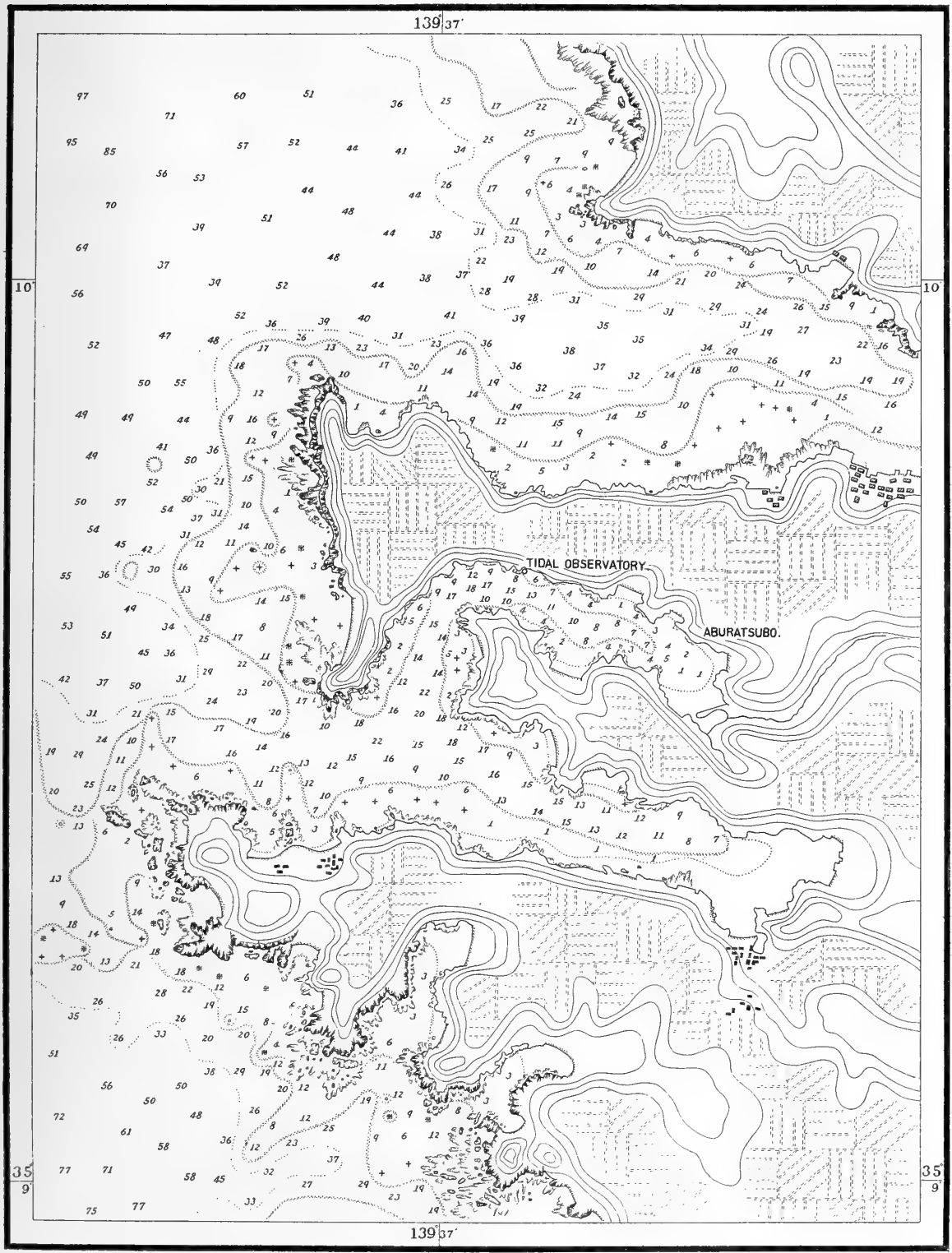
3 MARCH 1905.

WAJIMA.

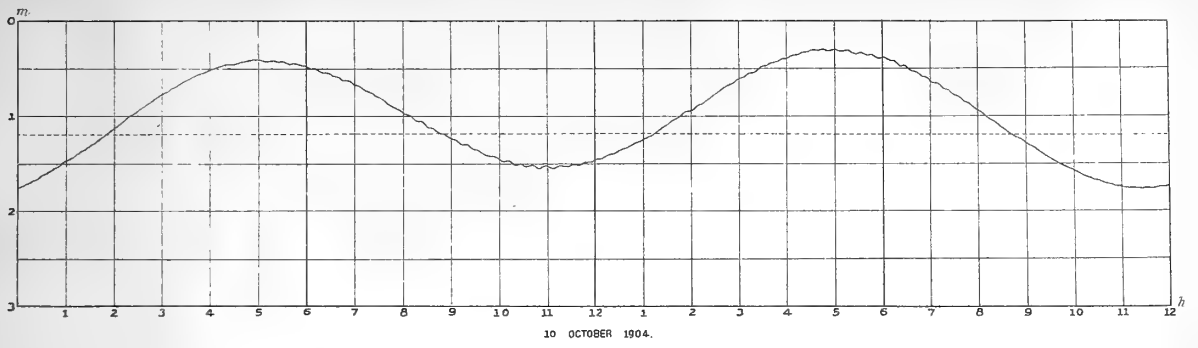


4 JULY 1904.

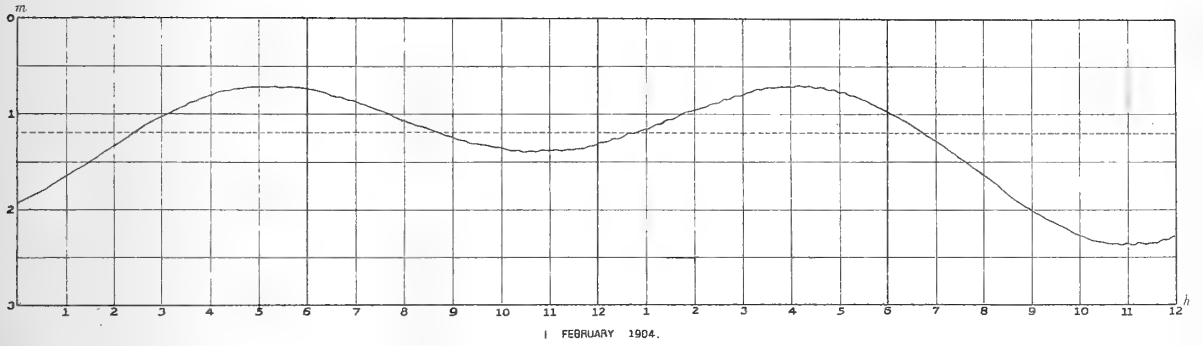
ABURATSUBO



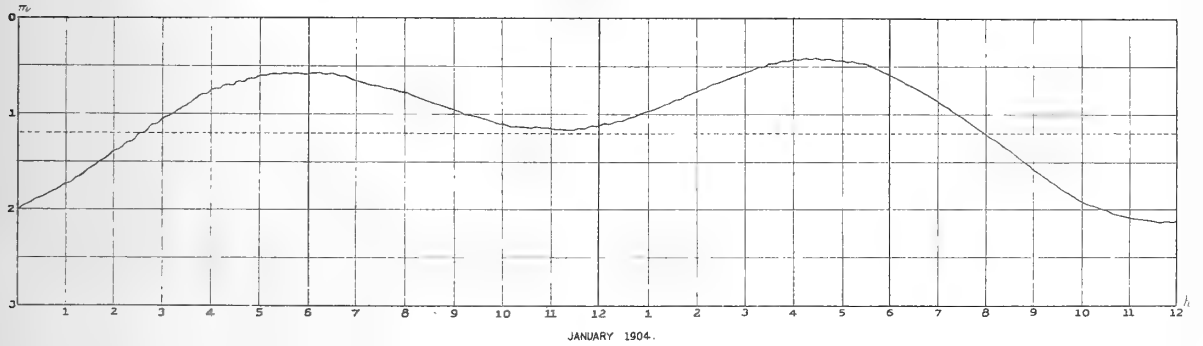
ABURATSUBO.



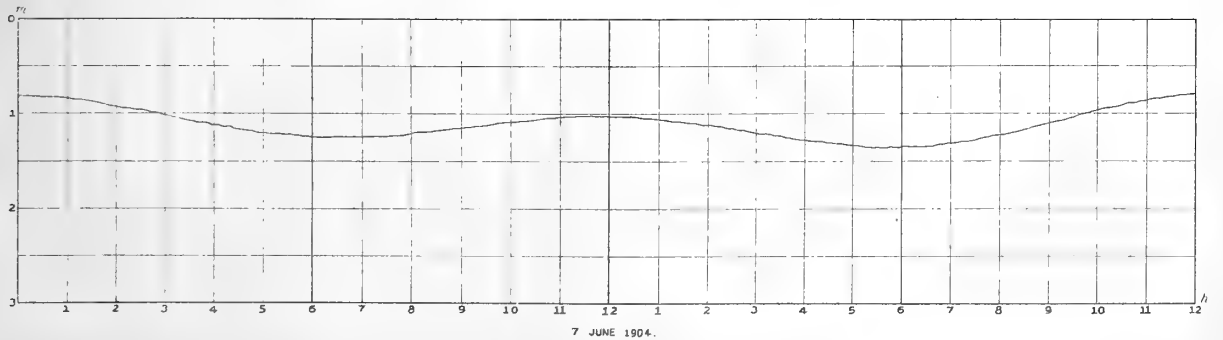
ABURATSUBO.



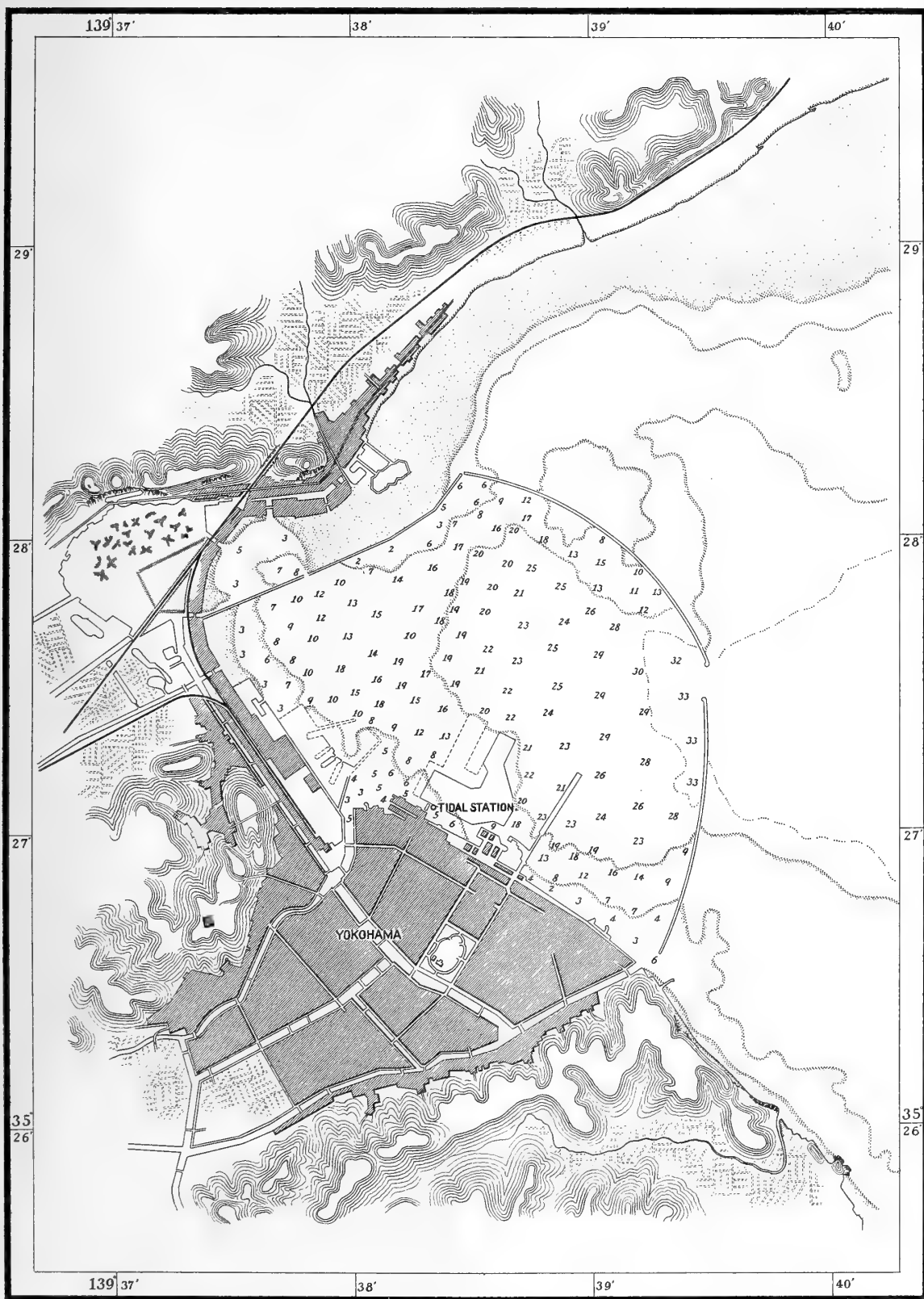
ABURATSUBO.



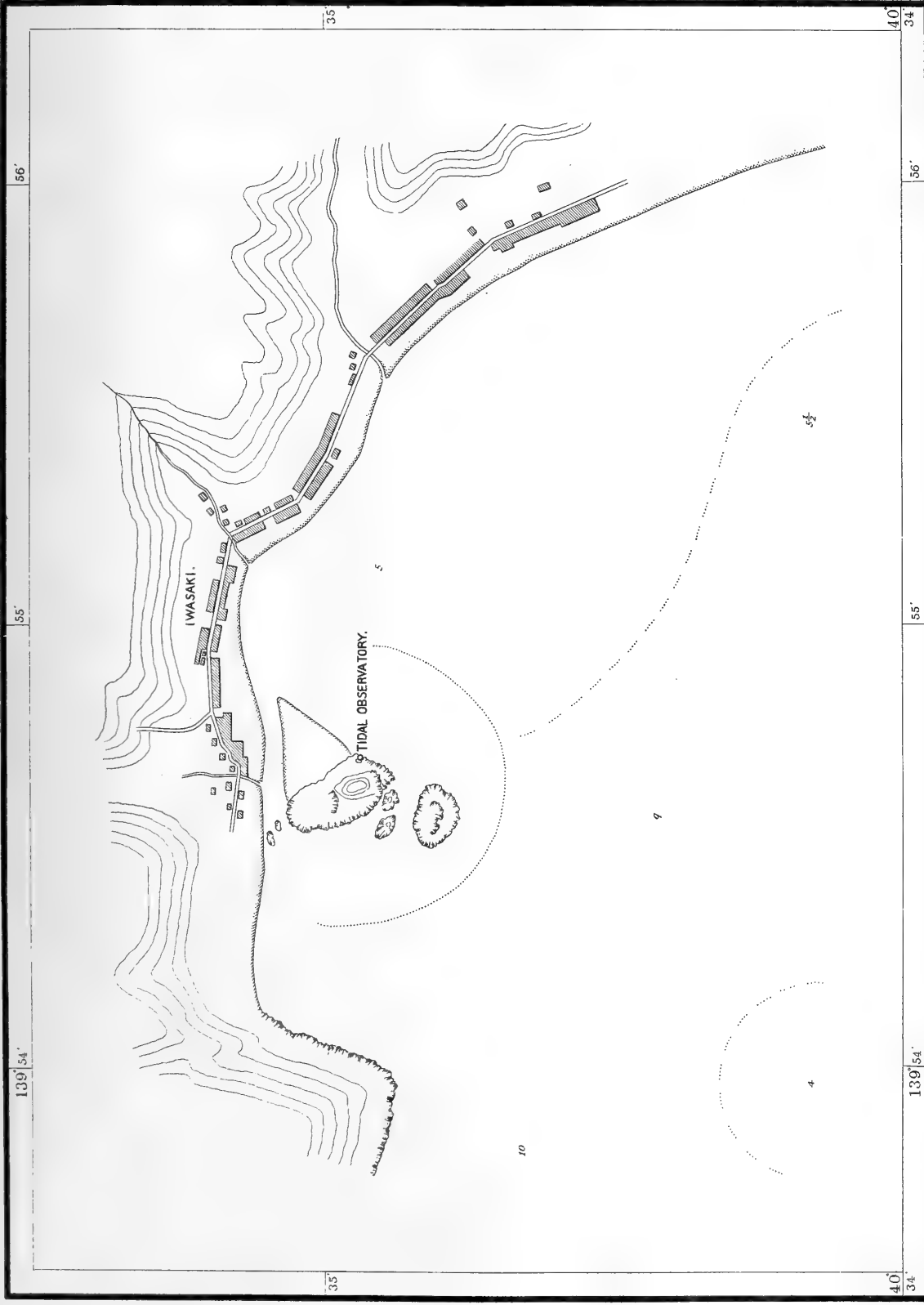
ABURATSUBO.



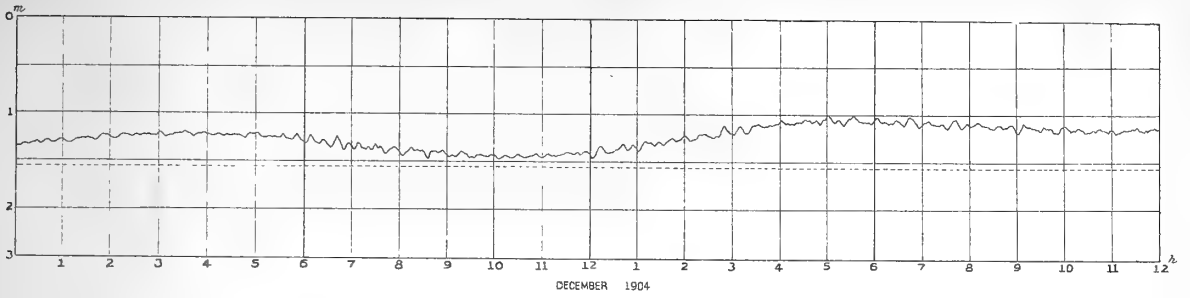
YOKOHAMA



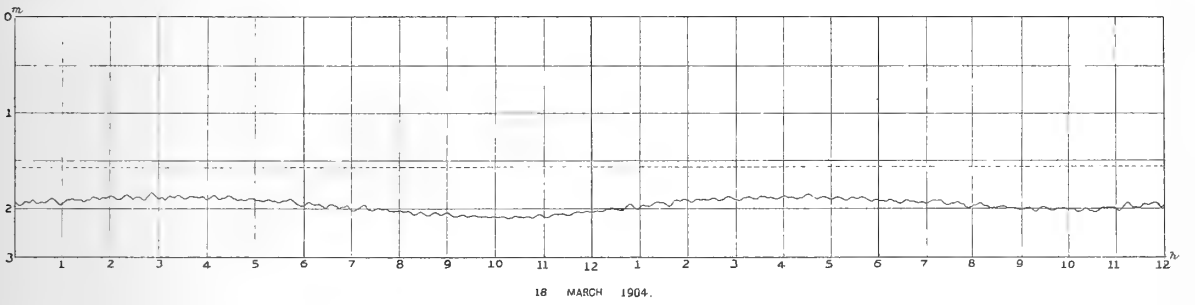
IWASAKI



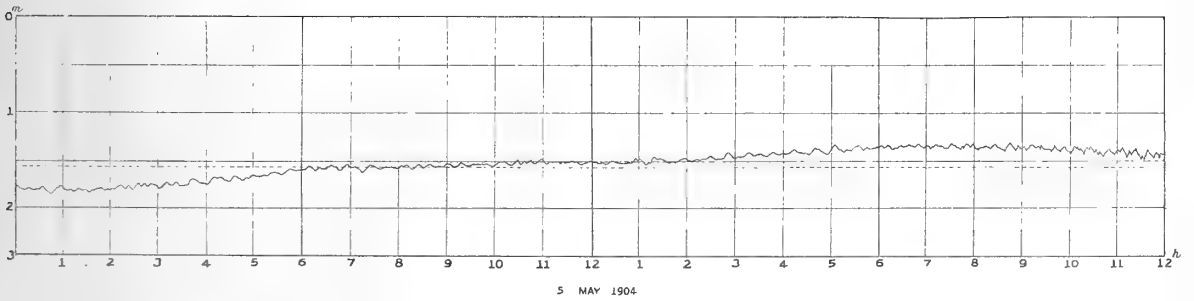
IWASAKI.



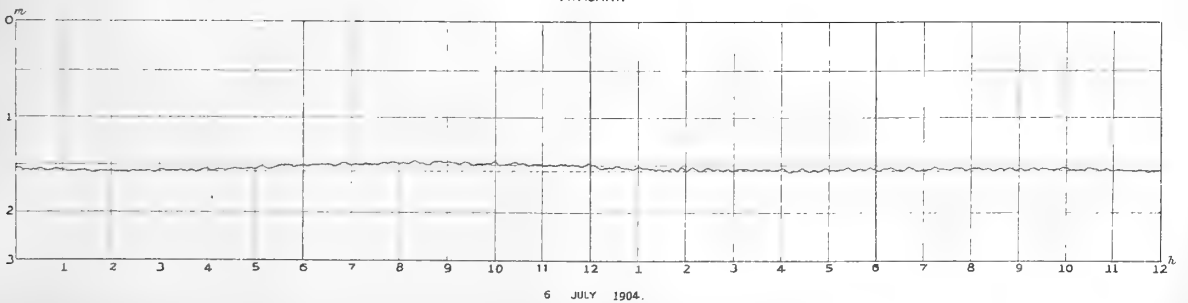
IWASAKI.

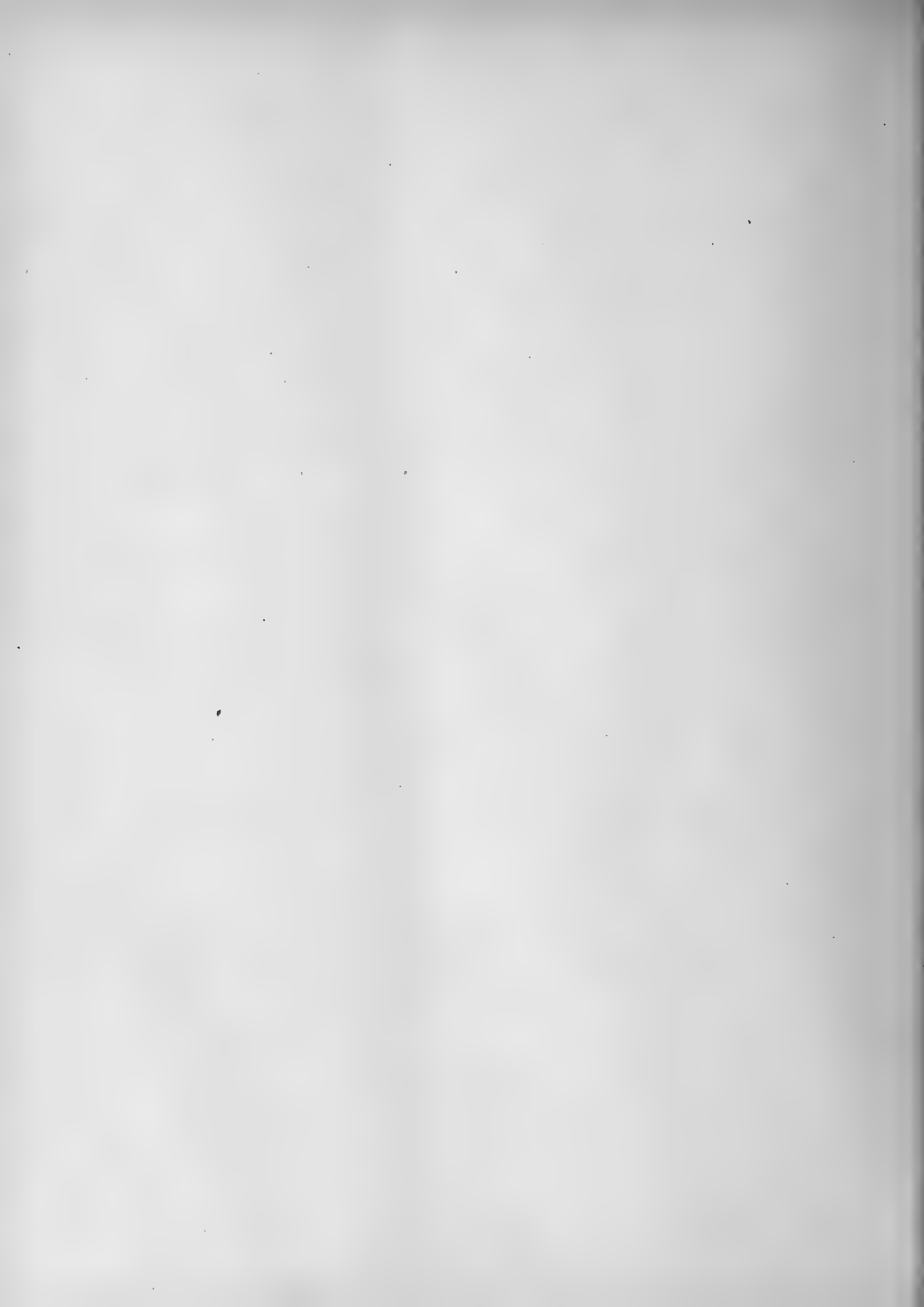


IWASAKI.

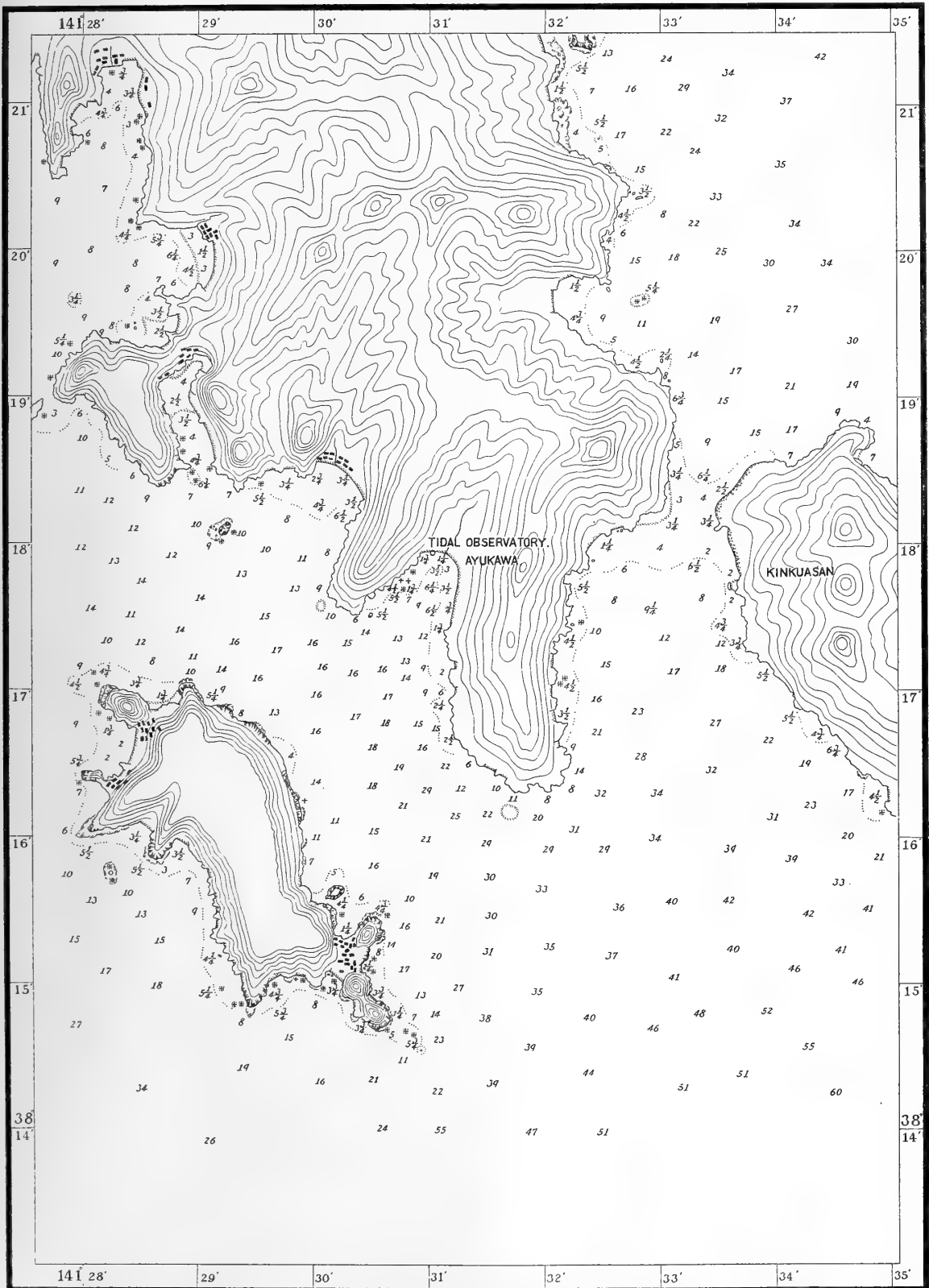


IWASAKI.

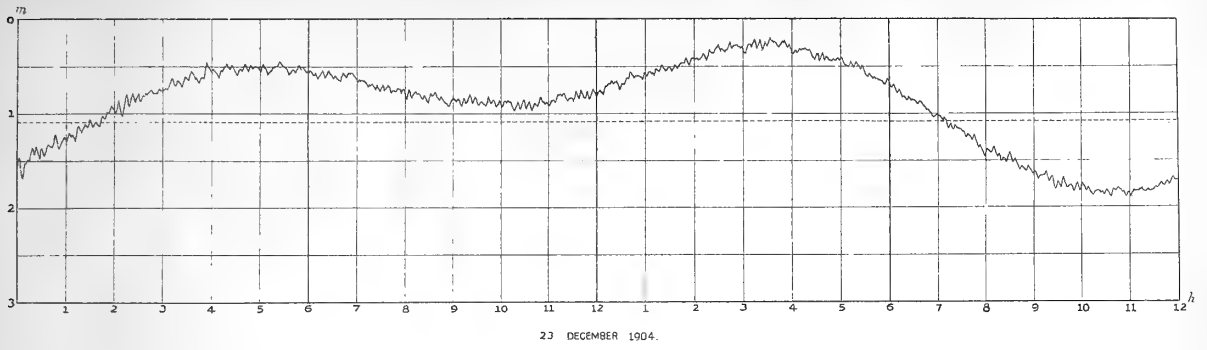




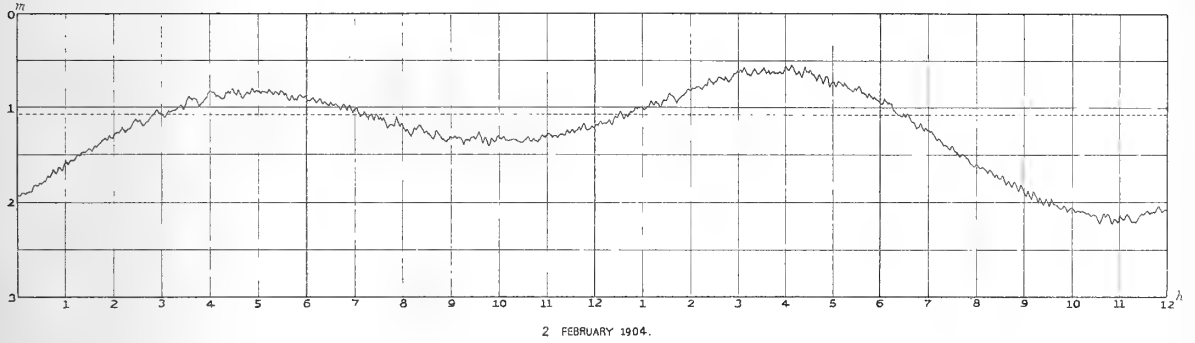
AYUKAWA



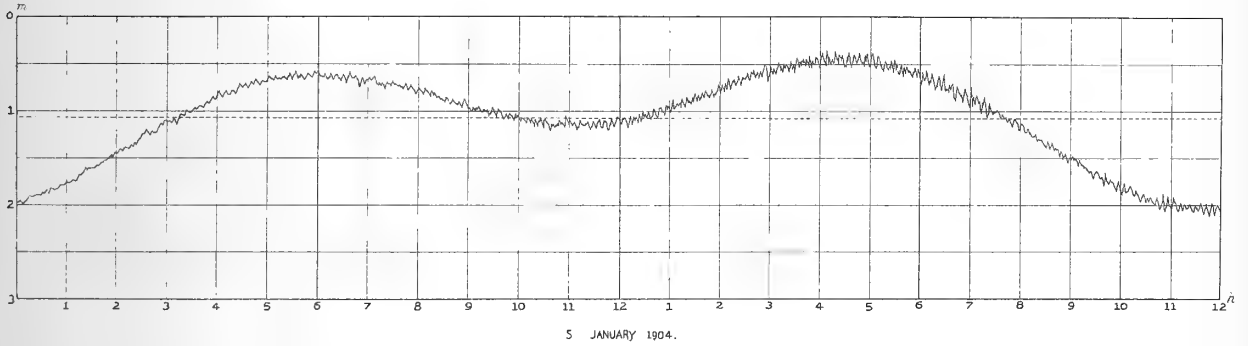
AYUKAWA.



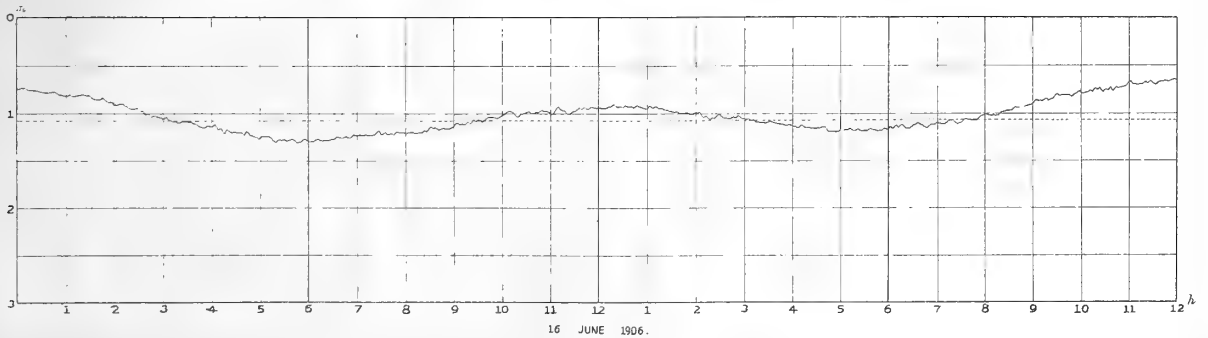
AYUKAWA.



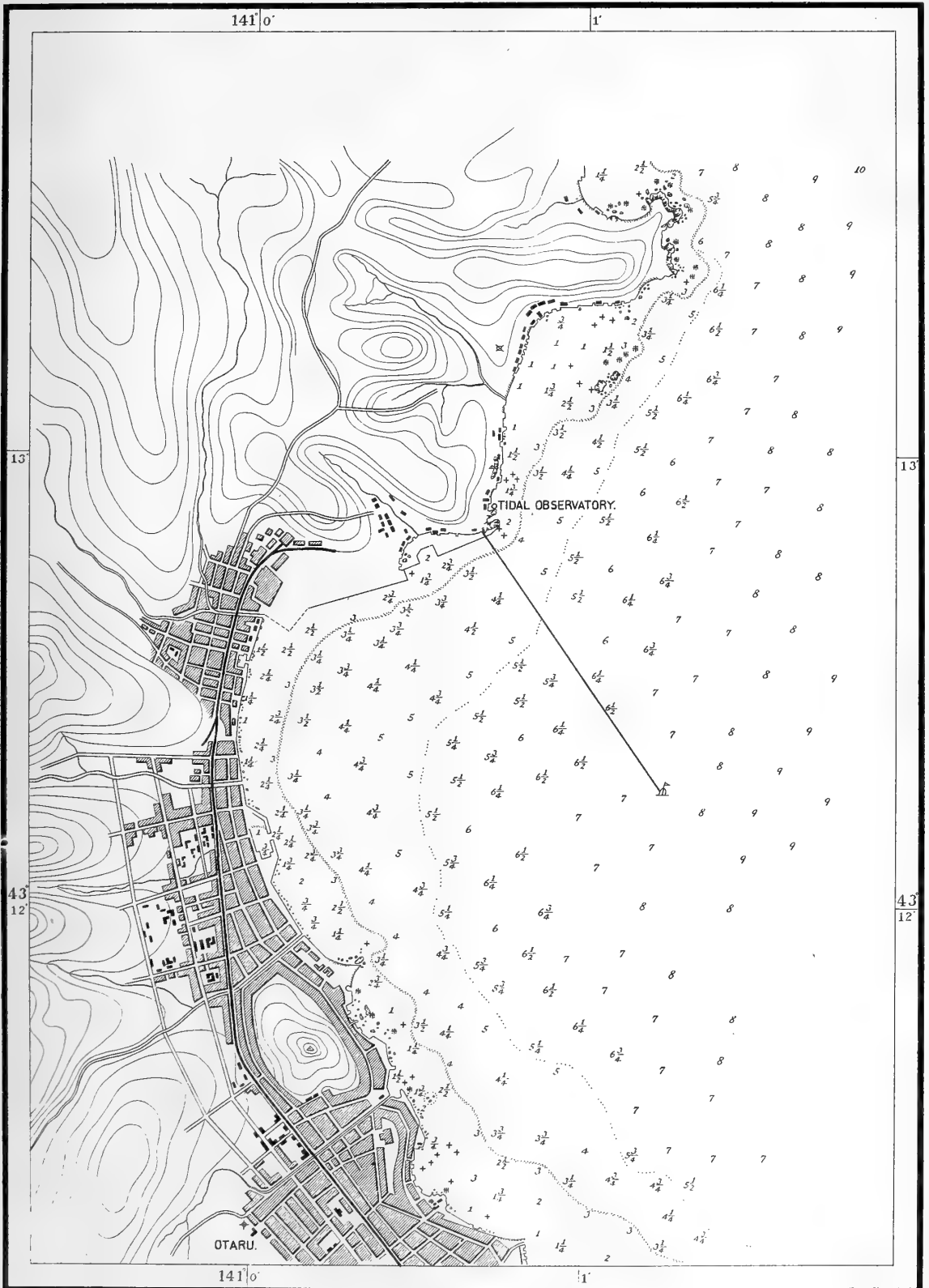
AYUKAWA.

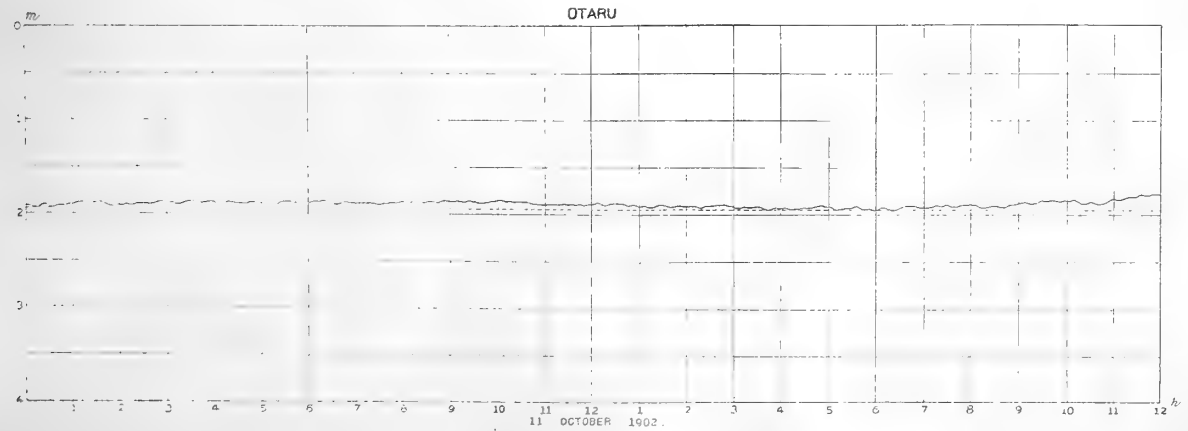
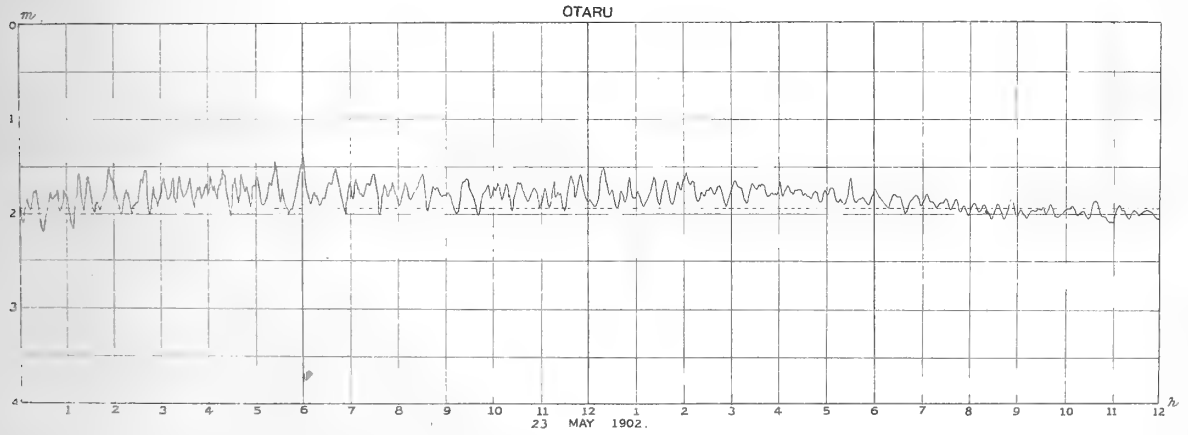
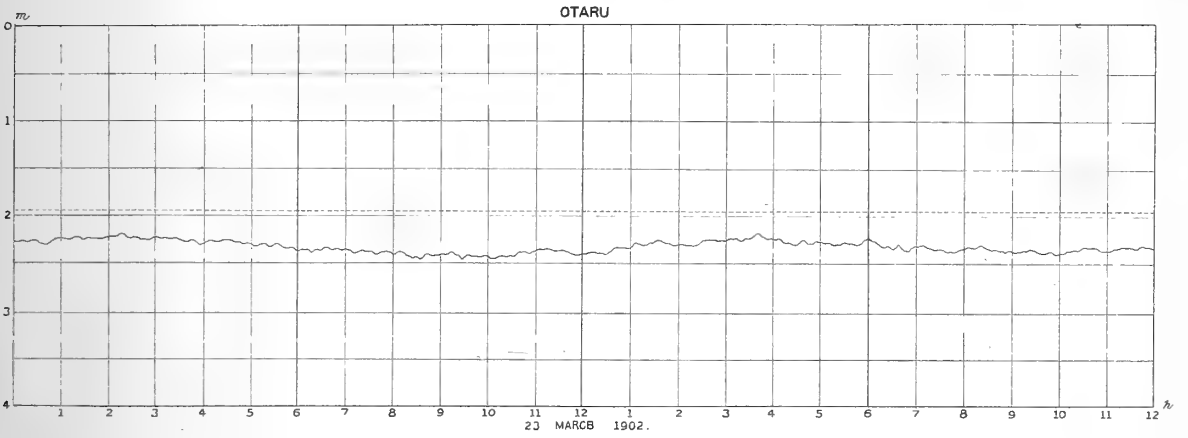
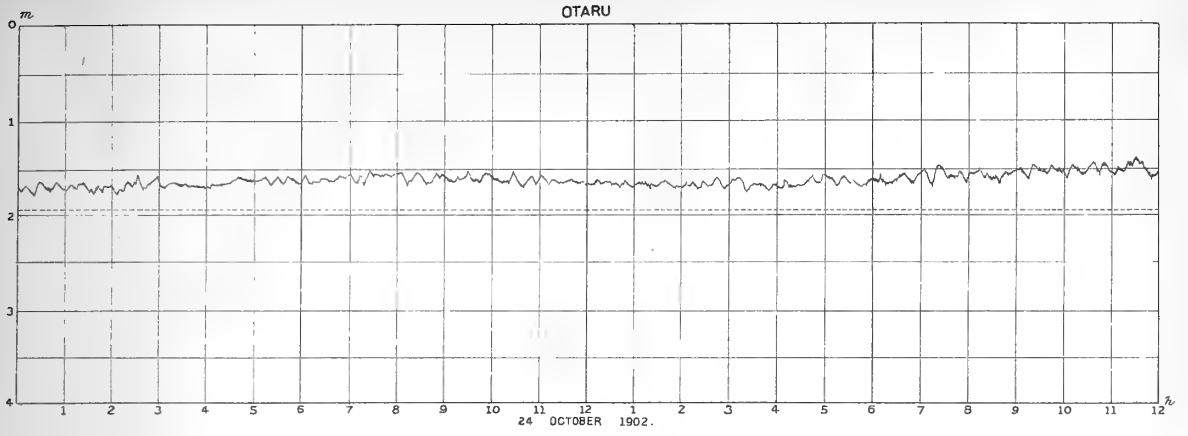


AYUKAWA.

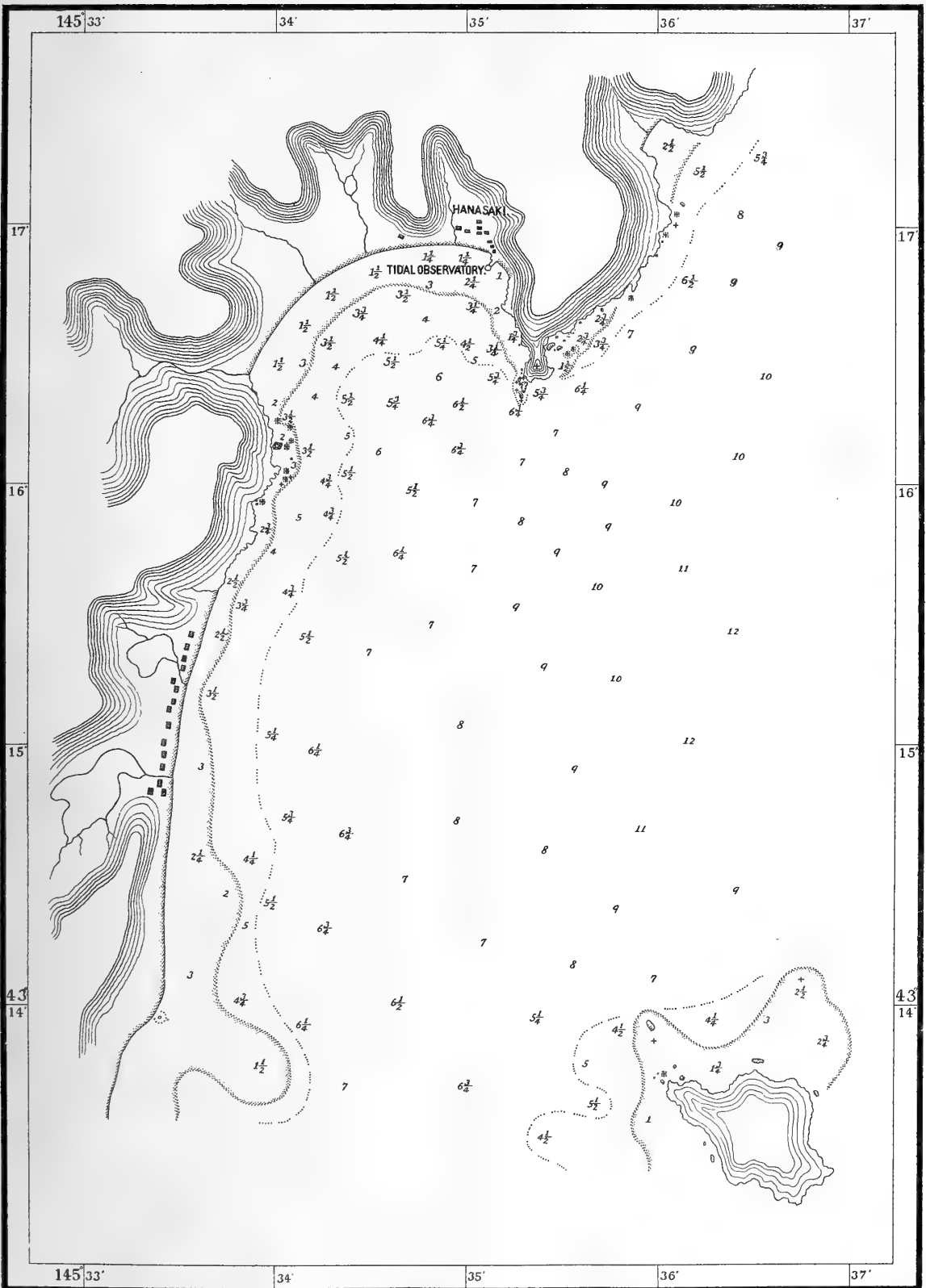


OTARU

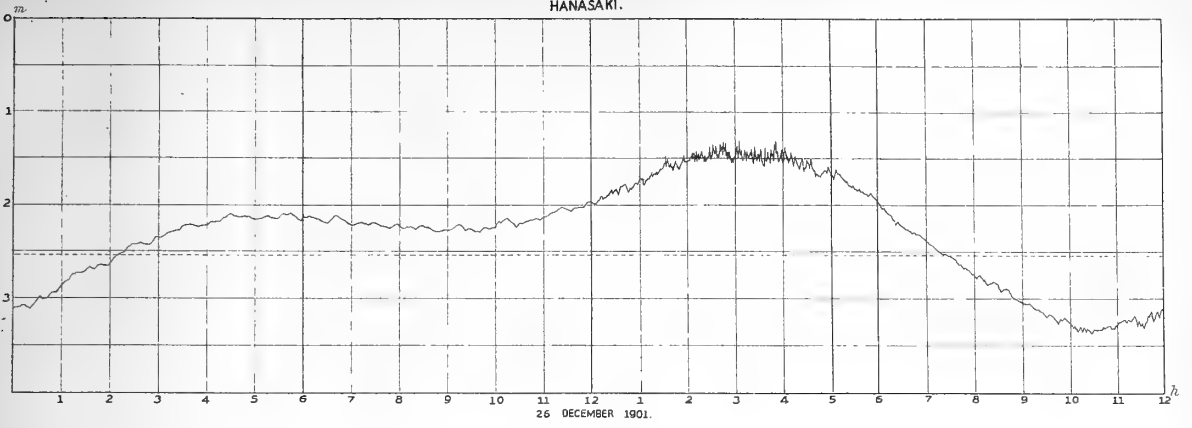




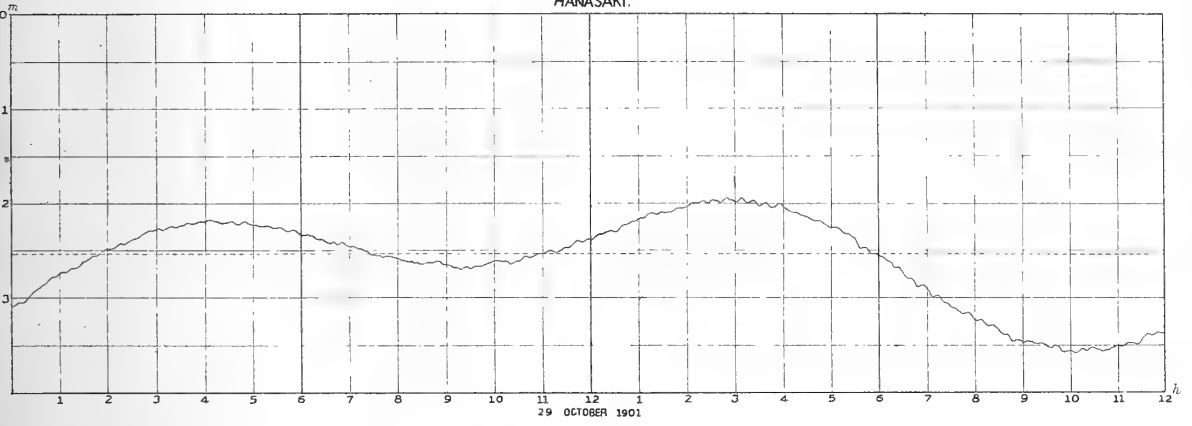
HANASAKI



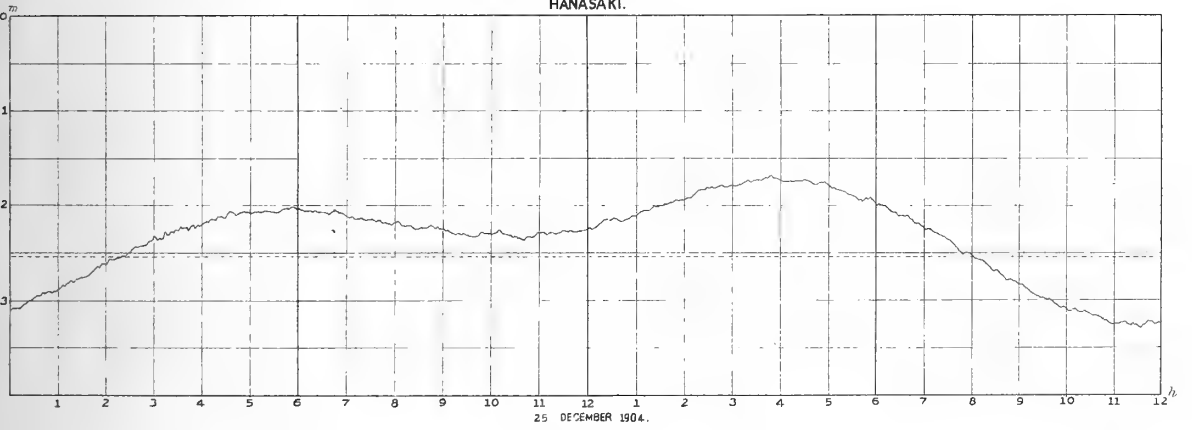
HANASAKI.



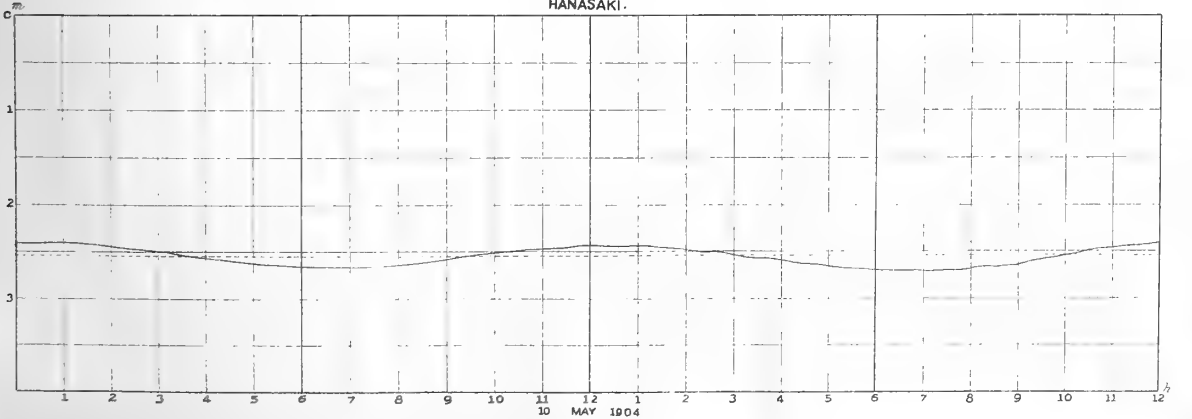
HANASAKI.



HANASAKI.



HANASAKI.



Vol. XXVIII., Art. 7, published April 3rd 1911.

Price in Tokyo, Yen 1.80



This Journal is on sale at

Z. P. MARUYA & Co. Ltd.

TORI SANHOME, NIHONBASHI, TOKYO.

GEISER & GILBERT.

KAJICHO 23, TOKYO; MAINSTREET 52, YOKOHAMA.

R. FRIEDLÄNDER & SOHN,

CARLSTRASSE 11, BERLIN N. W.



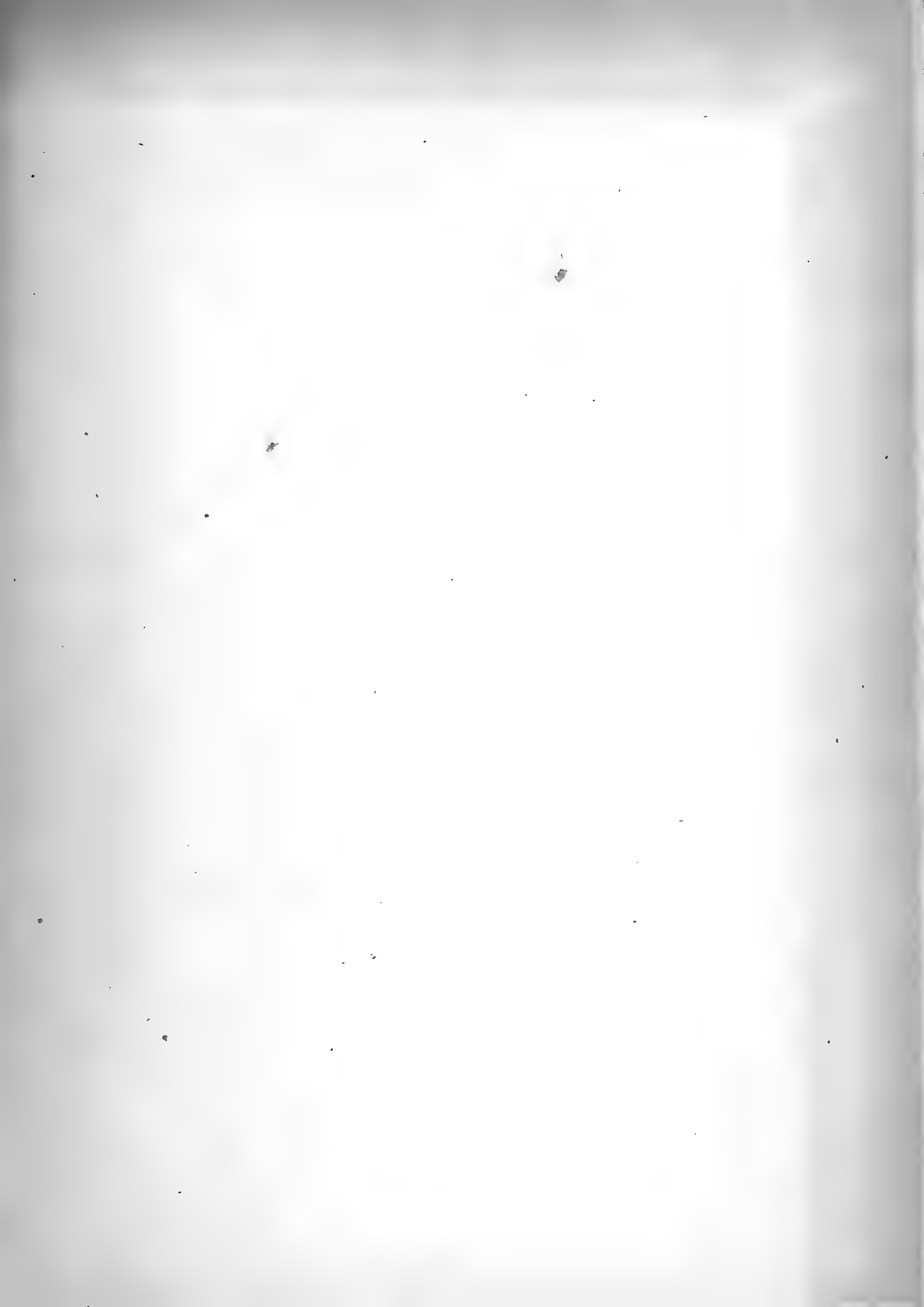
明 明

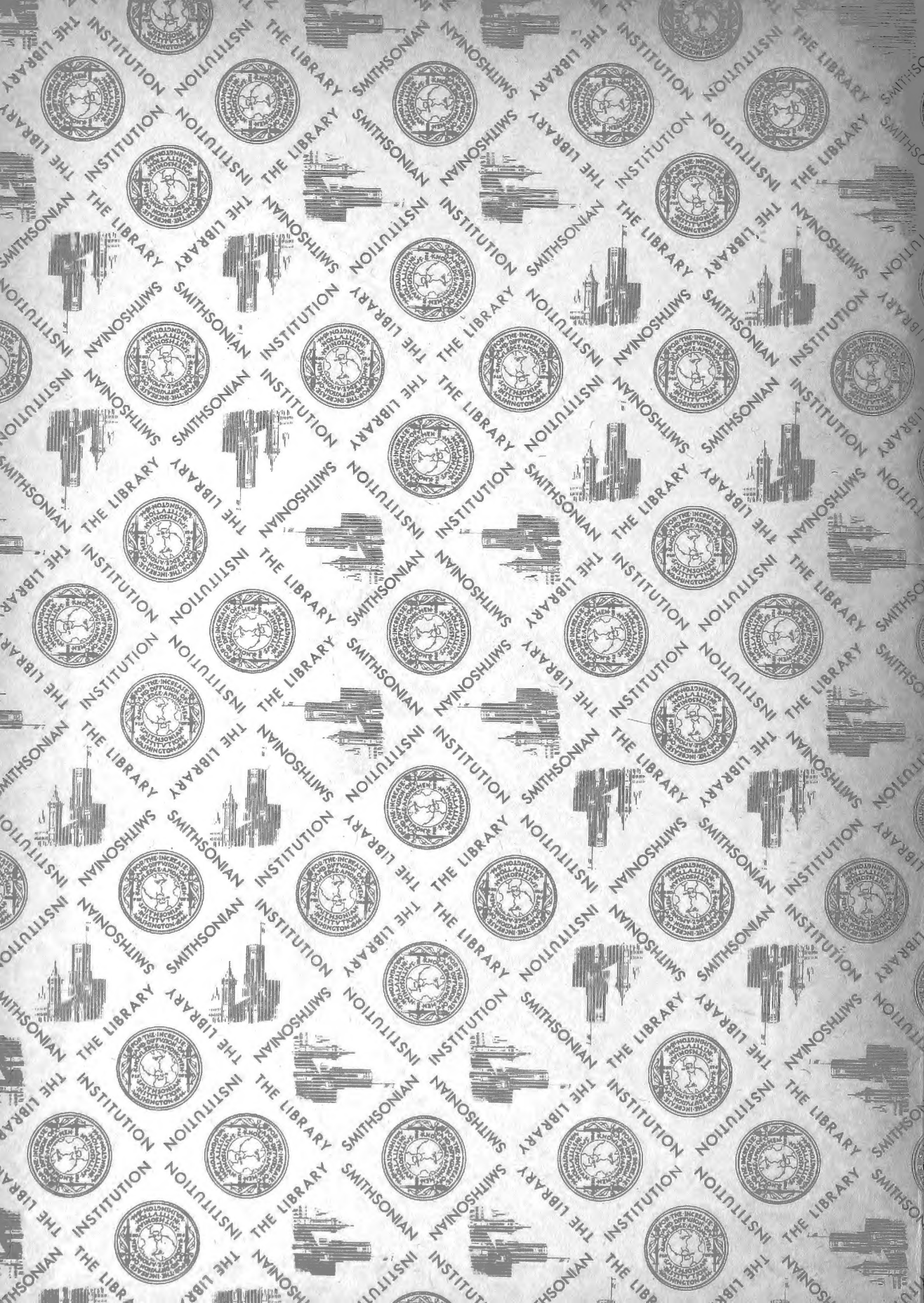
NOTICE



Vol. XXVIII. Articles already published :—

- Art. 1. M. MIYOSHI:—*Botanische Studien aus den Tropen. Hierzu 3 Tafeln.* Publ. June 13th, 1910.
- Art. 2. T. SUZUKI:—*The Change of Cobaltous into Cobaltic Nitrite.* Publ. July 12th, 1910.
- Art. 3. Y. SHIBATA:—*The Action of the Grignard Reagent on Camphoric and Isocamphoric Esters.* Publ. July 15th, 1910.
- Art. 4. H. NAKANO:—*Lebensgeschichte der Stengel-Bulbillen einiger Angiospermen. Mit 3 Tafeln.* Publ. November 13th, 1910.
- Art. 5. S. Nakamura and K. Honda:—*Seiches in Some Lake of Japan.* Publ. 28th, 1911.
- Art. 6. R. TORII:—*Etudes Anthropologiques. Les Aborigènes de Formose.* Publ. December 11th, 1910.
- Art. 7. S. HIRAYAMA:—*Results of the Harmonic Analysis of Tidal Observation made at Various Ports of Japan.* Publ. April 3rd, 1911.







SMITHSONIAN INSTITUTION LIBRARIES



3 9088 01307 8456